

RAPPORTS DE MISSIONS
SCIENCES DE LA TERRE
GÉOLOGIE-GÉOPHYSIQUE

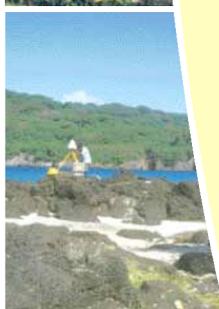
N° 67

2006

Mission Vanuatu

9 septembre au 2 décembre 2005

Anne-Marie SÉMAH
Denis WIRRMANN



Institut de recherche
pour le développement

RAPPORTS DE MISSIONS
SCIENCES DE LA TERRE
GÉOLOGIE-GÉOPHYSIQUE

N° 67

2006

Mission Vanuatu
9 septembre au 2 décembre 2005

Anne-Marie SÉMAH
Denis WIRRMANN



**Institut de recherche
pour le développement**

© IRD, Nouméa, 2006

/Semah, A.
/Wirrmann, D.

Mission Vanuatu, 9 septembre au 2 décembre 2005

Nouméa : IRD. Mai 2006. p. 80
Missions : Sci. Terre ; Géol.-Géophys. ; 67

PALEOENVIRONNEMENT ; SEDIMENT ; POLLEN ; PRELEVEMENT ; ECHANTILLONNAGE ;
ANALYSE ; MILIEU CONTINENTAL ; CAROTTAGE ; SPELEOTHEME / VANUATU

MISSION VANUATU

09/IX – 02/XII 2005

Anne-Marie Sémah & Denis Wirrmann

Port-Vila, Nouméa, Paris, Sydney, 28 février 2006



Éfaté, 7 octobre 2005

Rapport de mission: Anne-Marie Sémah¹ & Denis Wirrmann²

Institut de recherche pour le développement (IRD) :

¹ 'Paléotropique', 35 Avenue Henri Varagnat, 93143 Bondy cedex France, semah@bondy.ird.fr

² 'Paléotropique', BP A5 98848 Nouméa cedex, Nouvelle Calédonie, wirrmann@noumea.ird.nc

Résumé de l'objet de la mission : du 09 septembre au 02 décembre 2005, prospection et prélèvements d'archives sédimentaires sous forme de carottes lacustres, palustres et de spéléothèmes. Les prélèvements sont réalisés et analysés dans le cadre du volet « analyses sédimentaires, caractérisation des sédiments en marécages et en systèmes karstiques couplées aux analyses polliniques » du programme *PALÉOTROPIQUE* (Unité de recherche 055 - '**Paléoenvironnements Tropicaux et variabilité climatique**', avec comme objectifs :

- d'identifier les impacts des variations climatiques sur les environnements dans la zone du Pacifique Sud-Ouest,
- de confronter les données des enregistrements continentaux aux données archéologiques et marines (enregistrements coralliens).

Remerciements

Cette Mission Longue Durée au Vanuatu a été possible grâce au soutien de l'Unité de Recherche 'Paléotropique' dirigée par M. Luc ORTLIEB (UR 55 IRD) et à l'appui de M. Fabrice COLIN, Directeur du Centre IRD de Nouméa. Localement, les premiers contacts de travail ont été grandement facilités par M. Bernard SEXE, Conseiller de Coopération et d'Action Culturelle à l'Ambassade de France à Port-Vila, et nous l'en remercions vivement.

Nos sincères remerciements pour leur accueil chaleureux et leur soutien administratif à :

- M. Erickson SAMMY Directeur du Département de Géologie Mines & Ressources en Eau du Vanuatu,
- M. Toney TEVI, et Mme Esline GARAEBITI respectivement responsables du Bureau des Mines et du Bureau de Géophysique de ce département, ainsi qu'à leur équipe (Morris HARRISON, Sophie JYMMYKONE, Camilla LAAV, David NAKEDAU & Bruce RAKAU) qui nous ont assistés dans nos travaux de terrain et pour la gestion quotidienne du matériel.
- M. Chanel SAM, Directeur de l'herbier de Port-Vila, pour son aide tant sur le terrain que pour régler avec nous les problèmes d'exportation de matériel et de douane.
- M. Albert BUE responsable du Service Topographique de Luganville.

Merci à Mme Véronique PERRIN (IRD, Nouméa) qui a fait suivre tout le matériel ainsi que toutes les autorisations d'export/import, relayée tout aussi efficacement à Port-Vila par M. Hervé GAUCHET.

Nous avons préparé les missions de terrain dans les bureaux de l'AUF (Agence Universitaire pour la Francophonie, Port-Vila) où une pièce est louée à l'année par l'IRD et pour nos déplacements, nous avons bénéficié d'un véhicule IRD.

Au-delà des aspects purement administratifs, le succès de cette mission est dû au très bon accueil des propriétaires terriens, gérants de domaines et coutumiers. Pour chacun des sites étudiés, nous avons obtenu leur accord après discussions et gestes coutumiers :

à Éfaté: Jack KALMET / David LAURENT / Robert MONVOISIN / David RUSSET / Marc TRAVERSO

Christophe RODOT est ici remercié pour son appui culinaire quasi quotidien lors de nos séjours à Port-Vila. Grand merci aussi à Pierre VOISIN, pour nous avoir prêté main forte lors des relevés topographiques.

à Tanna: Henri JOMMA

à Espiritu Santo: Rufino PINEDA

site de Naonepan : Mark O'BRIEN

site de Pierre Joli : Kevin

site de Port Olry : Tarcissius ALGUET

à Malo : chef Pakao MWLE

Un grand merci aussi aux guides et 'stockmen' qui nous ont accompagnés, pour l'intérêt qu'ils ont manifesté tout au long de nos campagnes de prélèvements et le partage de leur grande connaissance du terrain (Cliff, Faustin, Gratien, Jean, Jimmy, Ken, Kiki, Leny, Steve, Walter).

Enfin tous nos remerciements pour leur gentillesse et disponibilité aux habitants du Vanuatu que nous avons côtoyés. Leur hospitalité a été le garant de la bonne ambiance dans laquelle cette MLD s'est déroulée.

Aknowledgements

This Long Term Mission (MLD) is supported by IRD through the Research Unit 055, '**Paléoenvironnements tropicaux et variabilité climatique**' (*Paléotropique*, Luc ORTLIEB Manager). The preliminary contacts and meetings with the local authorities have been successful thanks to M. Bernard SEXE, Conseiller de Coopération et d'Action Culturelle at the French Embassy of Port-Vila. During our stay in Vanuatu, Dominique BÉDARD, the AUF Manager, provides an office on AUF premises.

We would like to thank Erickson SAMMY Acting Director of the Department of Geology Mines and Water Resources, Toney TEVI Commissioner of Mine, Esline GARAEBITI Manager of Geophysics and their staff (Morris HARRISON, Sophie JYMMYKONE, Camilla LAAV, David NAKEDAU & Bruce RAKAU) for their very helpful administrative participation during our mission in Vanuatu and also during the field survey.

We are grateful to the landowners for the facilities provided during the field surveys and fieldworks. We acknowledge the foremen for their field knowledge and their valuable help during the coring part of the mission.

Finally at the end of this mission, we would like to thanks the Ni Vanuatu population encountered during our fieldwork for their hospitality, sympathy and availability.

Tok thank you

Longfala mission we mifala i bin mekem long Vanuatu hemi kam anda long support blong Resarch Unit 055 '**Paléoenvironnements tropicaux et variabilité climatique**' (*Paléotropique*, Director Luc ORTLIEB).

Mifala i wanten expresem thank you blong mifala i go long Bernard SEXE, Conseiller de Coopération et d'Action Culturelle, blong French Abassy forom ol contact we hemi mekem i kem possible wetem ol local authorities. Long taem blong mission, Dominique BEDARD, Head blong AUF, i bin proviedem office long mifala.

Mifala i extendem thank you blong mifala i go long Erickson SAMMY, Acting Director blong Geology, Mines and Water Resources Department (GGMWR), Toney TEVI, Commissioner blong Mines, Esline GARAEBITI, Head blong Geohazard, mo ol staff blong DGMWR (Morris HARRISON, Sophie JYMMYKONE, Camilla LAAV, David NAKEDAU & Bruce RAKAU) ia forom administrative help mo field assistance truaot long mission.

Thank you to long ol landowner blong allaoem mifala blong mekem work long ples blong olgeta. Ol man blong drill oli help bigwan long fieldwork mo mifala i talem thank you long olgeta (Cliff, Faustin, Gratien, Jean, Jimmy, Ken, Kiki, Leny, Steve, Walter).

Mifala i apriciatem hospitality, sympathy mo availability blong every woman mo man Vanuatu we mifala igat chance blong mitin long taem blong mission. Thank you tumas.

Intervenants selon les sites : Trombinoscope

Éfaté



Bernard Sexe



Christophe Rodot



Jean-Christophe Galipaud



Rufino Pineda

Espiritu Santo

Marais Emaotfer et Lac aux Canards



Cliff



Kiki



Camilia

Lac Otas



Gratien



Walter

Marais Enam Lep



Leny



Pierre

Botanique



Chanel

Tanna

Yasur



Henri



Ken



Steve

Espiritu Santo



Faustin



Ben

Marais du sud

Port Olry



Jean

Aoré/ Malo



Chef Pakao Mwle

Exposé du but de la mission – Problématique de recherche – Les îles étudiées, pourquoi.

Objet de la MLD : Mission de prospection et prélèvements de matériel sédimentaire à partir d'enregistrements lacustres, palustres et cavernicoles.

Les prélèvements seront réalisés et analysés dans le cadre du volet « analyses sédimentaires, caractérisation des sédiments en marécages et en systèmes karstiques couplées aux analyses polliniques » du programme PALÉOTROPIQUE, avec comme objectifs :

- d'identifier les impacts des variations climatiques sur les environnements dans la zone du Pacifique Sud-Ouest,
- de confronter les données des enregistrements continentaux aux données archéologiques et marines (enregistrements coralliens).

Des études ont déjà été réalisées par notre équipe en Nouvelle-Calédonie (Sémah *et al.*, 2002 ; Wirrmann *et al.*, 2004) sur la côte nord ouest et centrale de la Grande Terre, respectivement dans la région de Koumac -plus particulièrement à l'intérieur des terres dans un lac situé à 120 mètres d'altitude-, et près de la ville de Bourail, dans un marécage côtier. Les premiers résultats montrent que si des variations dans les enregistrements mettent en évidence une évolution de l'environnement, il demeure toutefois encore difficile de déterminer avec précision les paramètres de ces variations.

En raison de sa position plus septentrionale par rapport à celle de Nouvelle-Calédonie, la région du Vanuatu présente l'intérêt d'être plus directement soumise à l'influence de la zone de convergence du Pacifique Sud (ITCZ), à ses variations d'intensité et à ses déplacements latitudinaux, enregistrant ainsi plus sensiblement la variabilité climatique au cours du temps.

La mission est donc destinée à régionaliser et spatialiser les données obtenues à cette date sur les paléoenvironnements calédoniens et leur variabilité durant les derniers millénaires (Wirrmann *et al.*, 2006) et à les corrélérer avec celles du Vanuatu.

Cette régionalisation a pour but, d'une part, de mieux identifier les impacts des variations climatiques sur les environnements dans la zone du Pacifique Sud-Ouest et d'autre part, de confronter ces nouvelles données continentales à celles déjà obtenues au Vanuatu, archéologie (Pineda et Galipaud, 1998 ; Galipaud, 2000) et enregistrements coralliens (Burr *et al.*, 1998 ; Cabioch, 2003 ; Cabioch et Ayliffé, 2001 ; Cabioch *et al.*, 1999 et 2003 ; Corrège *et al.*, 2004), ou encore des données à venir suite aux missions IRD programmées en 2005 :

- 'campagne Sabine' (UR55) à bord du Navire Océanographique *Alis*,
- UR 092 (ADENTHRO, IRD), fouilles archéologiques réalisées sur les îles de Malo et d'Aoré sous la direction de J.-C. Galipaud.

Outre l'intérêt de nature géographique et climatique d'élargir au Vanuatu l'étude déjà engagée en Nouvelle-Calédonie, notre projet de mission s'intègre dans une logique scientifique en plein développement. Celui-ci s'est traduit, en août 2004, par les Assises de la Recherche Française dans le Pacifique, tenues à Nouméa, auxquelles nous avons participé et va se prolonger par un programme pluridisciplinaire, le Projet Espiritu Santo 2006 auquel nous prendrons part également.

Cette dynamique scientifique s'explique par le fait que le Pacifique Sud tropical, de par un contexte géographique très varié (îles volcaniques ou atolls, isolés ou regroupés pouvant former des archipels s'étendant sur plusieurs degrés de latitude) sous l'influence de plusieurs phénomènes naturels géologiques (forte activité sismique, volcanisme actif) ou climatiques (phénomène ENSO, cyclones), est une zone d'intérêt majeur pour la recherche.

En effet le développement de cette région et la gestion des risques naturels nécessitent une connaissance approfondie des phénomènes impliqués. Si des travaux antérieurs ont montré que la variabilité spatiale des perturbations du système naturel ont joué un rôle majeur dans les stratégies de développement des sociétés indigènes et de leurs migrations, l'histoire détaillée des paléoenvironnements au Quaternaire récent est encore mal connue et il en est donc de même pour l'histoire de l'homme.

C'est ainsi qu'à l'issue des Assises de la Recherche Française dans le Pacifique et ce pour l'ensemble de la région, l'importance du développement de la thématique "*Variations climatiques et impacts sur le milieu (montée du niveau marin, événements climatiques extrêmes, cyclones, inondations, sécheresse, mouvements de terrain, modification des écosystèmes)*" a été soulignée comme l'un des grands enjeux du développement. Il a été préconisé de "*Développer les recherches paléoclimatologiques à terre et en mer qui permettent de mieux comprendre les mécanismes des interactions océan-atmosphère et de contribuer à prévoir et modéliser l'évolution du climat futur*".

La MLD que nous avons réalisée au Vanuatu s'inscrit dans le cadre de cette priorité affichée par la Recherche Française dans le Pacifique. Elle est également en adéquation avec l'objectif scientifique de l'IRD qui est de conduire des recherches "*centrées sur les relations entre l'homme et son environnement dans les régions tropicales et méditerranéennes, dans la perspective d'un développement durable de ces régions*".

Travail en coopération à Espiritu Santo

Notre mission y est relayée par un programme pluridisciplinaire plus vaste de biodiversité, le projet 'SANTO 2006', coordonné par le MNHN et l'IRD. Nous participerons au module karst de ce programme qui en comprend 4 (co-responsabilité du module « grotte » A.-M. Sémah / L. Deharveng, systématicien au Muséum). Ce module prend en compte le remplissage des grottes et les spéléothèmes et s'étend à l'étude des enregistrements lacustres.

Un travail de terrain, des analyses, et des publications communes sont prévus en coopération avec les responsables Ni Vanuatu, demandeurs de ces études et soucieux, comme c'est le cas dans l'ensemble du Pacifique, du devenir écologique de leur patrimoine et en particulier pour les îles basses qui voient leur territoire se réduire.

Présentation de la mission

Contexte scientifique

Les variations du climat liées au réchauffement global auront une forte incidence sur de nombreux aspects de la vie socio-économique (gestion des ressources, énergie, tourisme, catastrophes naturelles...). Plus marquées sur les pays de la zone intertropicale, qui sont aussi parmi les plus peuplés de la planète, elles seront aussi ressenties fortement par les pays insulaires du Pacifique. Dans l'objectif d'assurer un développement durable de ces régions sensibles, il est indispensable de caractériser la variabilité climatique à différentes échelles, spatiales et temporelles, et de l'intégrer à celle des mécanismes climatiques globaux (El Niño/Southern Oscillation, circulation thermohaline...).

Le climat du Vanuatu, tout comme celui de Nouvelle-Calédonie, est soumis à la variabilité du phénomène ENSO et aux aléas cycloniques. La quantification de l'évolution future des changements climatiques et la validation de son impact sur l'environnement ne pourront se faire par le biais de modèles climatiques locaux ou globaux, qu'en intégrant aux données historiques des données à haute résolution temporelle et avec une répartition spatiale large, issues des archives sédimentaires, qui renseignent sur les paléoenvironnements et la paléoclimatologie. C'est ainsi qu'une meilleure compréhension et gestion des interactions entre le climat et la biosphère seront possibles. Ce complément d'informations est nécessaire

car les données instrumentales modernes couvrent des échelles de temps trop brèves pour aborder la variabilité climatique multi-décennale à centennale, alors que celle-ci joue un rôle primordial sur les conditions environnementales récentes.

But de la mission

"Régionaliser" les informations paléoenvironnementales et paléoclimatiques, complétant celles obtenues en Nouvelle-Calédonie. Pour ce faire nous avons souhaité échantillonner et prospecter certaines zones privilégiées de sédimentation du Vanuatu (lacs, marécages et grottes) afin d'obtenir de nouveaux enregistrements à haute résolution. Trois secteurs ont été retenus :

- 1) Efaté, où de nombreuses petites dépressions remplies d'eau sont identifiables sur les cartes topographiques,
- 2) Espiritu Santo/Malo, où J.-C. Galipaud va poursuivre des fouilles archéologiques,
- 3) Tanna, afin de carotter dans la plaine d'inondation au pied du volcan Yasur et dans l'ancien fond du lac Siwi, lac de barrage naturel, qui s'est vidangé fin avril 2000.

Le choix des îles, du sud vers le nord, a également pour but de mettre en évidence les effets de la gradation climatique latitudinale sur les environnements.



Partenaires, démarches administratives et coutumières :

Les principales démarches administratives, conditionnant l'ensemble de notre travail au Vanuatu ont été menées à bien, pour la majorité d'entre elles, au cours des quinze premiers jours de la mission. Nous avons rencontré les responsables des différents Instituts et Services scientifiques et leur avons exposé le but de notre mission ainsi que les moyens que nous souhaitons mettre en œuvre et les collaborations que nous souhaitons établir avec eux. Leur entière coopération a assuré la bonne mise en place de notre travail.

Port-Vila – Éfaté

Geology, Mines and Water Resources : Erickson SAMY, Directeur (voir annexe 1)

Responsable Géologie : Toney TEVI

Responsable Géophysique : Esline GARAEBITI

Service Topographique/cartographique : Paul GAMBETTA, Directeur

Responsable Photographies aériennes : Harold MOLLY

Environment Unit : Ernest BANI, Directeur ; Dona KALFATAK, Directrice adjointe (voir annexe 2)

Centre Culturel : Ralph REGENVANU, Directeur ; Marcellin AMBONG, Directeur adjoint

Herbier National : Channel SAM, Directeur

Ambassade de France : Bernard SEXE, Conseiller de Coopération et d'Action Culturelle
AUF -Agence Universitaire pour la Francophonie- : Dominique BÉDARD, Directrice

Transitaire : Hervé GAUCHET, réglant tous les problèmes de fret et de douanes.

Luganville – Espiritu Santo

Secrétaire Général de la Province de Espiritu Santo : Joël PATH

Service Topographique/cartographique : Albert BUE

Agenda, principales dates :

Éfaté : 9 septembre au 16/ 21 octobre

Principales démarches administratives : 9 au 15 septembre

Ambassade, Geology, AUF, Environment Unit, Service de cartographie/topographie....

Terrain à Éfaté : 16 septembre au 15 octobre

Nouméa : octobre 16 au 28 (AMS)/ et 21 au 28 (DW), réunion 'Espiritu Santo 2006' le 26

Éfaté : 28 au 30 octobre

Tanna : 30 octobre au 03 novembre

Éfaté : 03 au 06 novembre

Espiritu Santo : 06 au 20 novembre

Éfaté : 20 au 30 novembre (AMS)/ 20 novembre au 2 décembre (DW)

Départ le 3 décembre pour Paris (AMS)

Méthodologie, techniques d'échantillonnage :

Le choix des sites à prospector et à échantillonner a été fait à partir de repérages sur les cartes topographiques et géologiques ainsi que sur les photos aériennes que nous sommes procurées auprès des services topographiques de Port-Vila et de Luganville. Puis, après discussions avec nos collègues du Service de Géologie, les sites ont été validés. Chaque site est localisé grâce à son point GPS ('Garmin II Plus'™).

Carottage

Sur le terrain, nous avons réalisé des sondages dans des lacs et des marécages à l'aide d'un carottier à vibration, à partir d'un radeau lorsque le niveau d'eau empêchait son implantation directe. Un radeau de fortune, démontable mais suffisamment solide pour nous permettre de mener à bien les sondages, a été construit à Port-Vila. Pour carotter nous avons utilisé des tubes en aluminium de 8 centimètres de diamètre et longs de 6 mètres.



a



b

Enfoncement du tube par vibration accompagné manuellement
Éfaté : a) marais Emaotfer, b) lac Otas



Assemblage de l'aiguille vibrante et du tube aluminium
Éfaté : marais Emaotfer

Après leur récupération, les tubes sont marqués, orientés, leur remplissage est mesuré. Les extrémités des tubes sont photographiées en coupe et du sédiment est directement prélevé pour les premières analyses en laboratoire (tests et datations). Les tubes sont ensuite bouchés hermétiquement et conditionnés pour leur transport.

Les sondages avec le carottier à vibrations ont été réalisés uniquement sur l'île d'Éfaté. Le transport de ce matériel sur les autres îles s'avérant trop complexe à effectuer, seuls des sondages à la tarière y ont été menés.

Sondage à la tarière - Éfaté, Tanna, Espiritu Santo

La tarière utilisée se compose d'une tête foreuse de 20 centimètres de long sur 6 de diamètre. On peut lui associer plusieurs raccords de 1 mètre chacun, ce qui nous a permis de réaliser des sondages sur plus de trois mètres de profondeur.

Le matériel récupéré est décrit sur place (couleur définie avec le nuancier Munsell Soil Color Chart [1975], texture, contenu éventuel en mollusques, matière organique, charbons...), marqué, puis emballé.



Tanna : fond du lac Siwi asséché



Éfaté : marais Enam Lep

Prélèvements en grottes

Les grottes explorées l'ont été en utilisant un matériel de spéléologie léger (casques à lampes acétylène, marteau, burin...). Les spéléothèmes présents ont été repérés, photographiés et de rares exemplaires prélevés, conformément au souhait des propriétaires coutumiers. Ce premier matériel doit être évalué avant que de nouveaux échantillonnages soient faits.



a



b

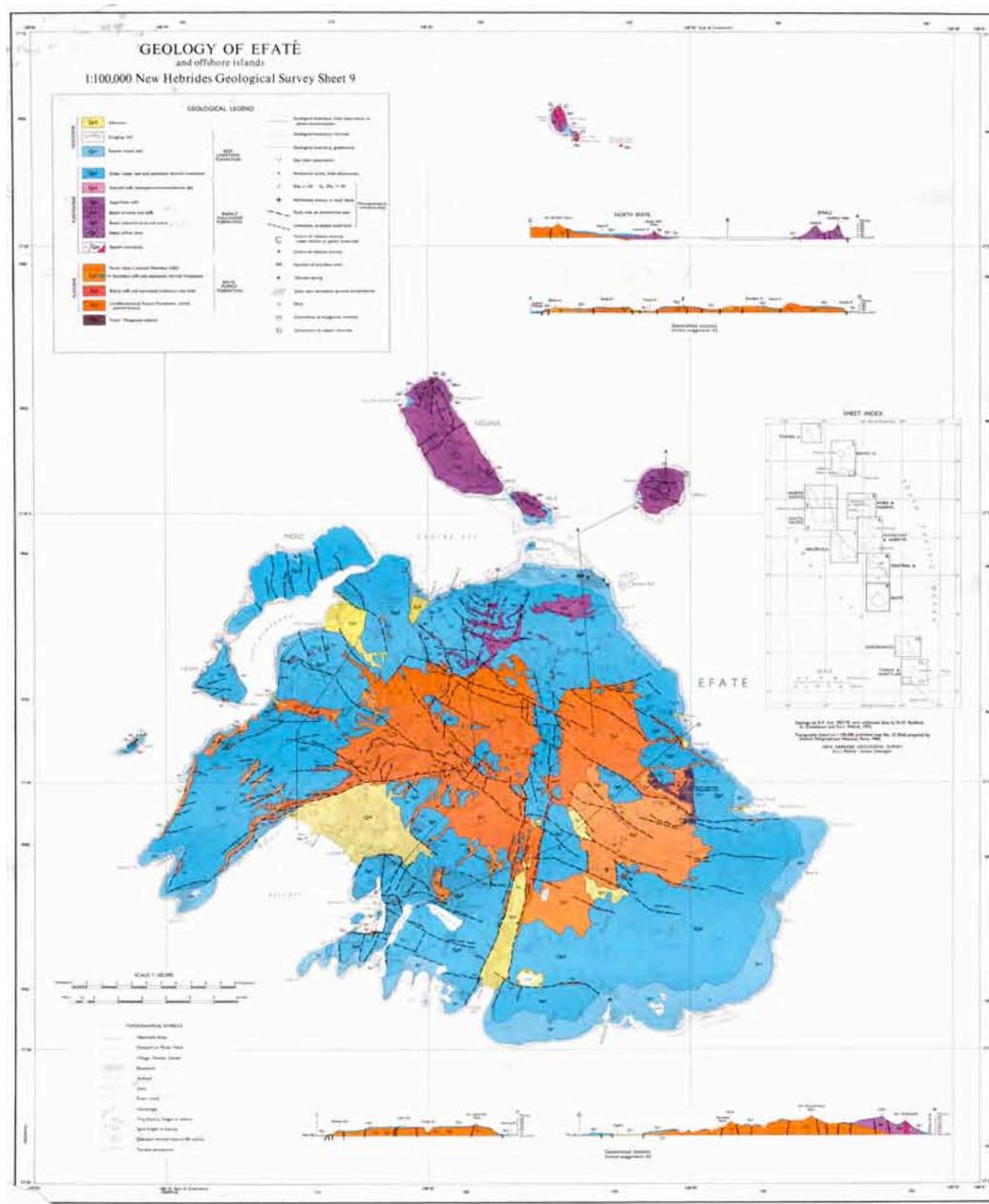
c

Espiritu Santo, Grotte Fapon : a) prélèvement d'une petite stalagmite, b) stalagmite en place, c) calcite déposée par suintement (formes en 'oreille de cochon').

1 - ÉFATÉ

CADRE GÉNÉRAL

L'île d'Éfaté se situe entre 168°10' -168°35' de longitude E et 17°25' -17°50' de latitude S. Bien que n'étant pas la plus grande de l'archipel du Vanuatu, environ 985 km², elle est le siège de sa capitale, Port-Vila. L'île est sous l'influence d'un climat équatorial chaud et humide toute l'année. Cependant deux saisons, pas toujours bien différenciées, peuvent y être identifiées : un été austral (novembre à mi-mai) chaud et très pluvieux et un hiver austral (juillet à octobre) plus frais et moins pluvieux. C'est une île volcano-sédimentaire (tufs, basaltes) incluant des formations coralliennes récifales, l'ensemble étant d'âge plio-quaternaire. Il s'agit d'une île "horst" formée par une surrection associée à un système de failles orthogonales. Elle se présente comme un bloc de tufs volcaniques aplani par abrasion marine et exhausé, aurolé à différentes altitudes de plateaux et gradins calcaires ou de terrasses bordées de franges récifales, entaillées de grands bassins d'effondrement (Quantin, 1992), comme par exemple celui de la Téouma, partageant l'île en deux.

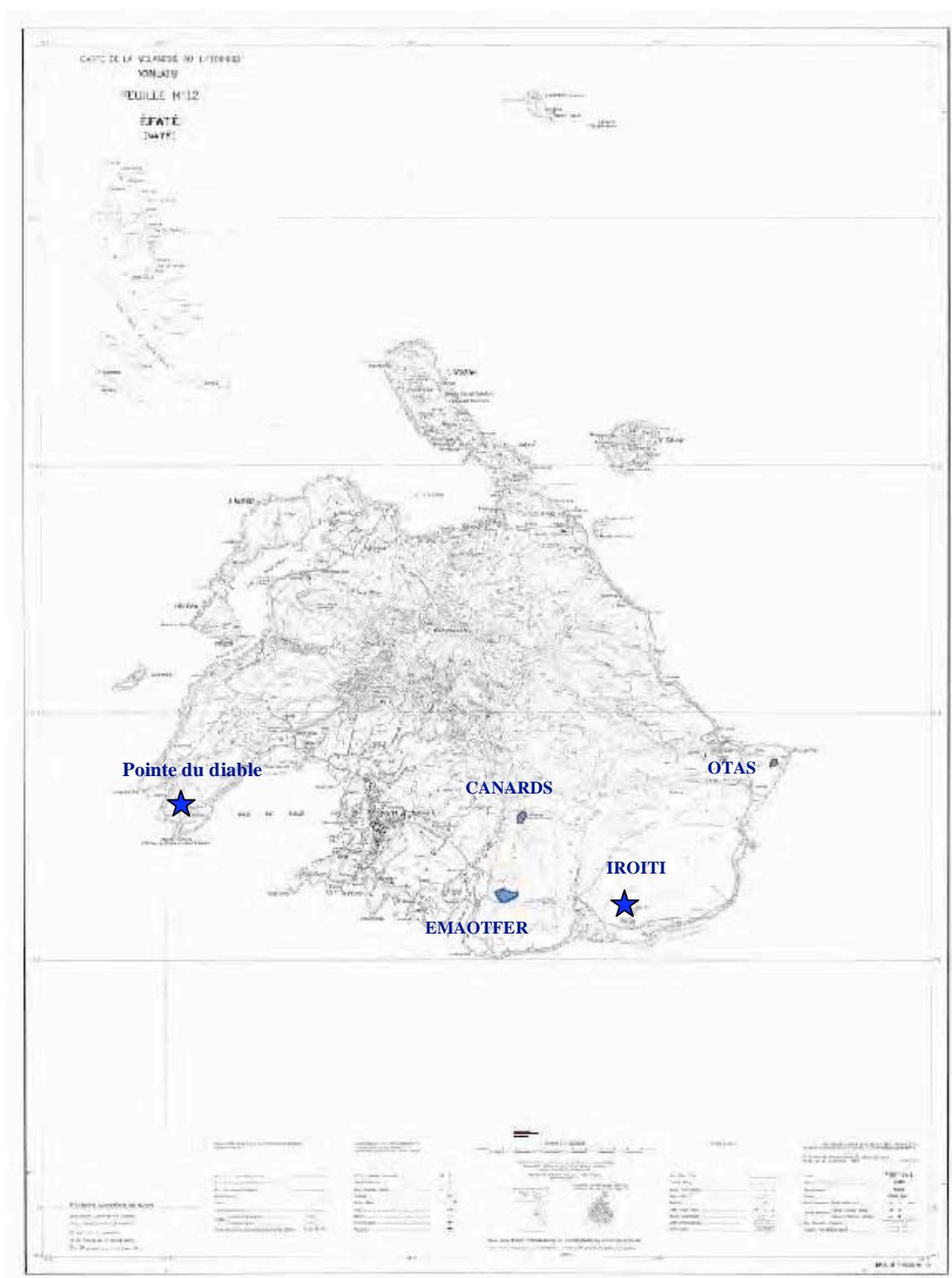


Carte géologique d'Éfaté

La végétation est représentée majoritairement par une forêt dense sempervirente. Toutefois en fonction de l'altitude, ou dans les zones sèches sous le vent ou encore dans les zones anthropisées, d'autres types de couvert végétal sont identifiés.

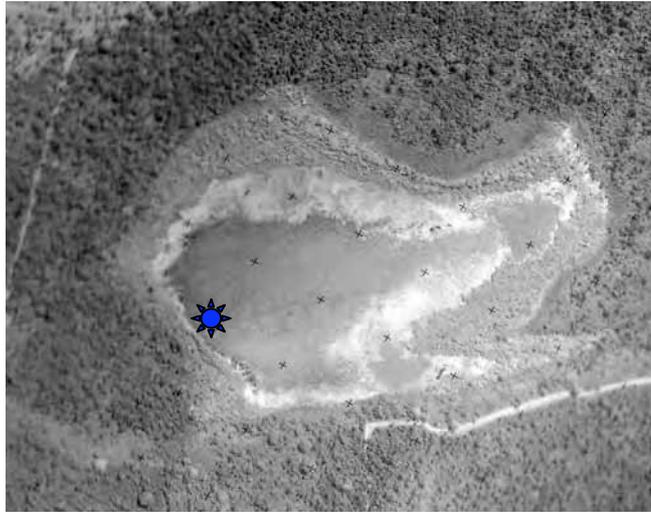
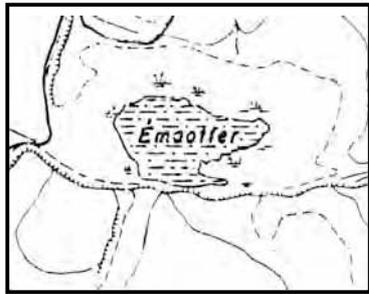
Prospection et sondages

A l'exception du site du 'Lac aux Canards', toutes les zones de prélèvement sont situées sur la plaine littorale bordant l'île, à quelques centaines de mètres au plus de la ligne de côte.



SITE DU MARAIS EMAOTFER

Noté TFER, développement 1660 m x 910 m,
soit 151 hectares



Propriétaires administratif et coutumier : Robert MONVOISIN / Jack KALMET

Reconnaissance le 16 septembre avec R. MONVOISIN et le 22 avec deux collègues du Dpt. of Geology

Carottages en bordure ouest du marais, zone marquée par l'étoile bleue sur l'extrait de photo aérienne :

28 septembre	TFER 03	
29 septembre	TFER 04	TFER 05
30 septembre	TFER 06	

26 novembre, lever du profil topographique depuis l'amont de la plaine littorale jusqu'au sommet de la doline bordant le marais à l'est\sud-est.

Aides sur place : Kiki FÉLIX et Cliff TOARA recommandés par Jack KALMET

Situé à 1,5 km de la mer en rive gauche de la Rivière Téouma. Il s'agit vraisemblablement d'une dépression formée dans une doline. Sa rive nord est fortement anthropisée (habitat, jardins/horticulture, zone de pêche et lieu de récolte d'eau et d'ablution). Sa rive sud, mieux préservée car sur une propriété privée, est colonisée dans la zone de battement des eaux par une ceinture arborée dense (*Hibiscus tiliaceus*, *Castanospermum australe*, ...) à laquelle succède une lisière composée principalement par des *Pandanus*. Dans la zone inondée se développent de nombreuses Cyperacées, fougères et plantes aquatiques.

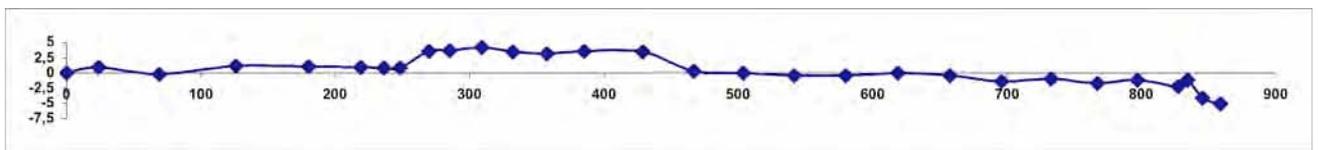


Vue sur le marais en direction du Nord,
depuis le ressaut topographique qui le domine



Cyperacées en rive ouest

Profil topographique AB : d'Ouest en Est, pour une longueur totale de 860 mètres.
 Tous les points sont géoréférencés au GPS. Le premier point, **A**, se situe sur la piste, après le coral, à 500 mètres environ du site archéologique, [S 17°47'10.1'', E 168°23'16.2''], mis au jour en 2005. Le dernier point, **B**, est pris à la limite supérieure des eaux du marécage.



A (0)

B (860m)

Liste des carottes :

elles ont toutes été prélevées sous une très faible tranche d'eau, ≈20 cm.

TFER 03 - altitude ≈23 mètres - Point GPS : 17°47'15.1'' S / 168°23'59.0'' E

Longueur de la carotte 380 cm

Couleur à la base : 7.5Y 3/2 (jaune verdâtre) ; 2.5Y 4.5/4 (tache plus claire brun olive),
présence de racines, de gravillons



TFER 04 - altitude ≈26 mètres - Point GPS : 17°47'15.3'' S / 168°24'00.6'' E

Longueur de la carotte 298 cm

Couleur à la base : 5Y 2.5/1 (gris foncé)



TFER 05 - altitude ≈26 mètres - Point GPS : 17°47'14.6'' S / 168°24'01.4'' E

Longueur de la carotte 300 cm

Couleur à la base : 7.5YR 4/3 (brun rose)



TFER 06 - altitude ≈ 26 mètres - Point GPS : 17°47'14.4'' S / 168°24'01.6'' E

Longueur de la carotte 481 cm, coupée en deux tronçons pour le transport :

TFER 06 A, moitié supérieure (0 à 240 cm)

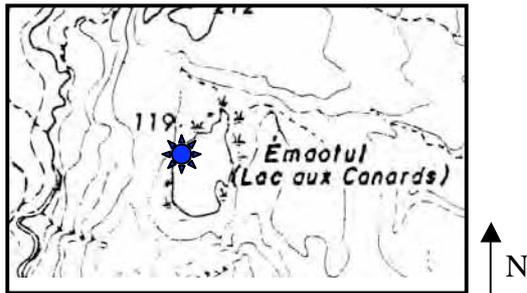
TFER 06 B, moitié inférieure (240 à 481cm)

Couleur à la base : 5Y2.5/1 (gris foncé)

à 240 cm : 5YR 3.5/4 (brun rose)



SITE DU 'LAC AUX CANARDS'



Lac aux Canards noté KNAR

Propriétaires administratif et coutumier : Robert MONVOISIN et Jack KALMET

Dates : 07/10/05

Aides sur place : Kiki FÉLIX et Cliff TOARA

Il s'agit d'une retenue d'eau de forme elliptique d'environ 600 mètres de large, le grand axe d'orientation SSW-NNE faisant 850 mètres de long. La profondeur moyenne est de l'ordre de 3 mètres.

Lors des périodes de sécheresse seule sa rive la plus septentrionale reste humide, elle correspond à la zone d'apport en eau du lac. Un début d'assèchement du lac se produisit en 1994, et s'accrut jusqu'en 1997, année de grande sécheresse. Celle-ci se poursuivit jusqu'en 2000, le fond du lac pratiquement à sec, alors planté de melons et de goyaviers devint un lieu de visite pour les touristes. Entre 2000 et 2003 le niveau du lac remonta progressivement jusqu'à atteindre le niveau actuel.

Altitude : 131 m

Point GPS : 17°44'00.5'' S / 168°24'42.7'' E



Montage du carottier sur le radeau



fougère arborescente sur la rive est

Liste des carottes

KNAR 01 – à proximité de la rive ouest, sous 1 mètre d'eau environ
Longueur de la carotte 108 cm
Couleur à la base : 7.5YR 4.5/6 (brun)
Couleur du sommet 7.5Y3/2 (brun foncé)
'Billes' d'argile millimétriques à centimétriques en surface.



KNAR 02 - à partir de la berge ouest vers le centre du lac sous 2,2 m d'eau.
Longueur de la carotte : 104 cm
Couleur de la base, 5GY5.5/1 (gris bleu).
Le sommet du sondage est constitué de litière.



Profil bathymétrique du lac, d'ouest en est :

1/ S 17°44'02.4''
E 168°24'43.9''
Épaisseur d'eau : 2,10 m

2/ S 17°44'02.2''
E 168°24'45.4''
Épaisseur d'eau : 3,10 m

3/ S 17°44'03.6''
E 168°24'46.1''
Épaisseur d'eau : 3,60 m

4/ S 17°44'04.9''
E 168°24'47.6''
Épaisseur d'eau : 3,80 m

5/ S 17°44'06.5''
E 168°24'49.0''
Épaisseur d'eau : 3,60 m
Échantillon d'eau prélevé

6/ S 17°44'07.9''
E 168°24'51.3''
Épaisseur d'eau : 4,10 m

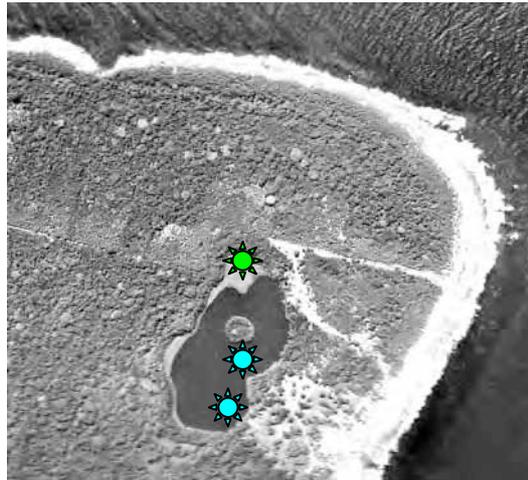
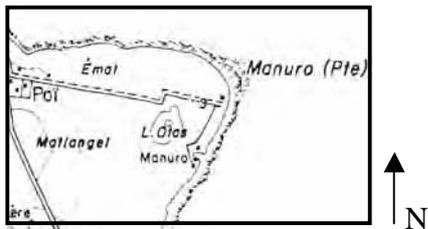
7/ S 17°44'09.0''
E 168°24'53.6''
Épaisseur d'eau : 3,80 m

8/ S 17°44'10.4''
E 168°24'55.8''
Épaisseur d'eau : 2,90 m

9/ S 17°44'12.6''
E 168°24'58.7''
Altitude : 120 m

Rive à S 17°44'12.8'', E 168°24'58.7''
**Prélèvement d'un échantillon de surface
KNAR S2.**

SITE DU LAC OTAS



Lac Otas noté OTA

Gérant de ce domaine privé, dédié à l'élevage bovin : David RUSSET

Reconnaissance le 05/10/05 avec David RUSSET et Bernard SEXE

Carottage du 13/10/05 au 16/10/05

Relevé topographique le 22/11/2005

Aides sur place : Gratien et Walter

Orienté nord-sud, le grand axe de ce lac s'étend sur 520 mètres de long. Dans la partie nord du plan d'eau, une petite île est un sanctuaire pour des roussettes (chauves-souris) très nombreuses à y nidifier. Ce plan d'eau est pérenne et son niveau ne varie que très peu au cours de l'année (± 60 cm). La profondeur maximale enregistrée est de l'ordre de 6 mètres. La végétation des environs du lac correspond à une forêt dégradée. Sa rive ouest est colonisée par une frange de Cypéracées, à laquelle fait suite, vers la terre ferme, une ceinture arborée constituée principalement par des *Barringtonia*, associés à *Hibiscus tiliaceus* et *Inocarpus edulis* ainsi qu'à de nombreuses Myrtacées et légumineuses.



depuis la rive sud-est, vue vers le nord

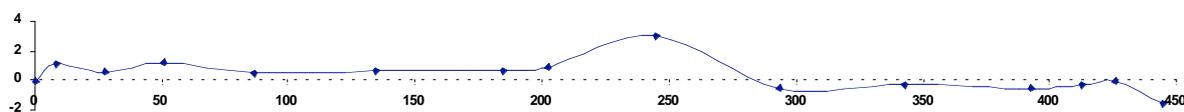


montage du carottier pour *OTAI*

Les branches immergées partiellement dans la zone littorale du lac sont recouvertes d'un voile organique (bactérien, algair ?) gélatineux, prélevé pour analyse, échantillon 141005 1.



Profil topographique AB: d'Est en Ouest, depuis le bord de mer jusqu'à la rive est du lac.



A

B

Lors du relevé topographique :
 - au premier plan la rive est du lac,
 - à l'arrière plan sa rive ouest avec sa ceinture de Cyperaceae



Mesures bathymétriques à partir de OTA 1, transect selon azimuth N 300°

1/ S 17°41'54.2''
E 168°35'09.0''

2/ S 17°41'53.8''
E 168°35'09.6''

Épaisseur d'eau : 3,25 m

3/ S 17°41'50.8''
E 168°35'05.8''

Épaisseur d'eau : 5,5 à 6 m

4/ S 17°41'49.4''
E 168°35'02.6''

Épaisseur d'eau : 5 à 6 m

5/ S 17°41'47.0''
E 168°34'59.6''

Épaisseur d'eau : 2,3 m

6/ S 17°41'56.8''
E 168°35'03.9''

Épaisseur d'eau : 1,4 m

7/ S 17°41'53.5''
E 168°35'04.3''

Épaisseur d'eau : 3,8 m

8/ S 17°41'49.6''
E 168°35'04.6''

Épaisseur d'eau : 4,6 m

9/ S 17°41'46.1''
E 168°35'05.6''

Épaisseur d'eau : 3,8 m

10/ S 17°41'45.5''E
E 168°35'04''

Épaisseur d'eau : 3,5 m

Échantillon d'eau prélevé

11/ S 17°41'42.5'' *on accoste sur l'îlot*
E 168°35'07.5''

Épaisseur d'eau : 1,6 m

12/ S 17°41'40.9' *sur l'îlot, côté stock*
(ouest)

E 168°35'10.3''

Épaisseur d'eau : 2,1 m

en direction de la berge ouest,

13/ S 17°41'38.8'' *altitude 9 mètres*
E 168°35'12.2''

Épaisseur d'eau : 3,3 m

14/ S 17°41'37.9'' *berge ouest proche du*
stock

E 168°35'15.8''

Épaisseur d'eau : 1,5 m

15/ S 17°41'36.6'' *retour vers le point de*
départ

E 168°35'13.2''

Épaisseur d'eau : 3,3 m

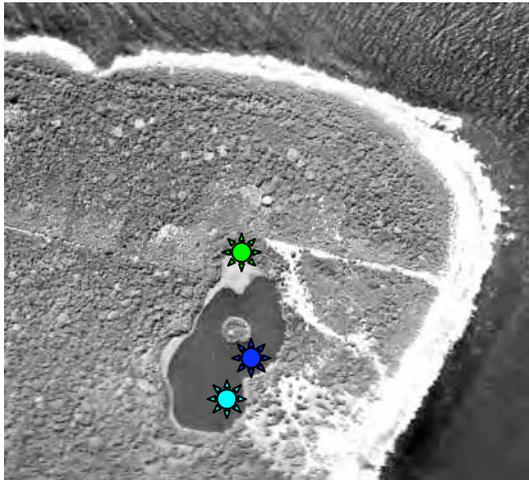
16/ S 17°41'43.6''
E 168°35'12.9''

Épaisseur d'eau : 4,2 m

17/ S 17°41'47.4''
E 168°35'09.3''

Épaisseur d'eau : 4,2 m

Liste des carottes



OTA 01 – à proximité de la rive sud-est du lac, sous environ 2 mètres d'eau - Point GPS : S17° 41'54.2'' ; E 168°35'09.0'', altitude 10 m

Longueur de la carotte 71,5 cm

Couleur à la base : 5YR 7/1 à 5Y6/1 (gris clair)

Couleur du sommet 10YR6.5/2 (gris clair)

Le sédiment du sommet est un sable carbonaté de texture grossière, incluant des petits mollusques lacustres et des éléments de litière. Le sédiment de base est un sable marin coquillier comprenant des fragments centimétriques de corail émoussé.



sommet,

base

Prélèvement d'un échantillon superficiel du sommet, noté OTA 1



OTA 2, réalisé au point géoréférencé n°17.

Le tube de 6 mètres pénètre difficilement dans le sédiment, il rebondit sur le fond, car l'interface eau sédiment est une fine gelée rougeâtre (gel organique avec quelques éléments végétaux figurés) dont l'épaisseur avoisine 50 à 80 cm, difficile à traverser car très cohérente. Une partie de cette gelée, récupérée lors du conditionnement de la carotte, est conservée dans un bocal (échantillon noté OTA 2 / TOP A) avec du sédiment associé dont la couleur est 10R2.5/2 (brun très foncé).

Une fois le tube enfoncé, nous avons beaucoup de mal à le récupérer. La carotte a été conditionnée en deux tronçons :

- 40 cm de tube, noté OTA 2/ TOP B, renfermant la gelée de l'interface eau sédiment,
- 181,5 cm de tube noté OTA 2C contenant le sédiment sous-jacent, compact.

Couleur de la base 10 YR6/3, 5/3 et 7/3 (brun à brun clair), sable grossier moucheté.



OTA 2/TOP A, 2.5YR3/6
(rouge-orangé sombre)

base de la carotte : la matière organique (en place ?)
sous le sable grossier, est récupérée dans un sachet



OTA 3, réalisé au point S 17°41'44.3', E 168°34'59.5'' sur la berge opposée du lac.

Deux échantillons de surface sont pris pour l'analyse pollinique : l'échantillon 151005 OTA3/1 prélevé à l'entrée de la zone boueuse et meuble de la berge, l'échantillon 151005 OTA3/2, pris sur le bord du lac.

Il a été impossible d'implanter le carottier au niveau d'OTA 3.



OTA 4, réalisé au point S 17°41'41.8', E 168°35'03.1'', à 12 m d'altitude, sous 35 cm d'eau, sur une trajectoire SSE-NNW par rapport à **OTA 1**, direction 170° N. On enfonce deux tubes : **OTA 4/1**, enfouissement de 2,2 m, remplissage réel, 85 cm. La base est constituée de coraux brisés centimétriques, le sommet, de litière.

OTA 4/2, enfouissement de 3 m, remplissage réel, 1,6 m. La base est constituée de sable fin de couleur 5Y7/2 (gris clair), le sommet, de litière.



OTA 3 prise de l'échantillon 151005 OTA3/1



carottage **OTA 4**

SITE DU 'DOS D'ÂNE', DOMAINE D'IROÏTI

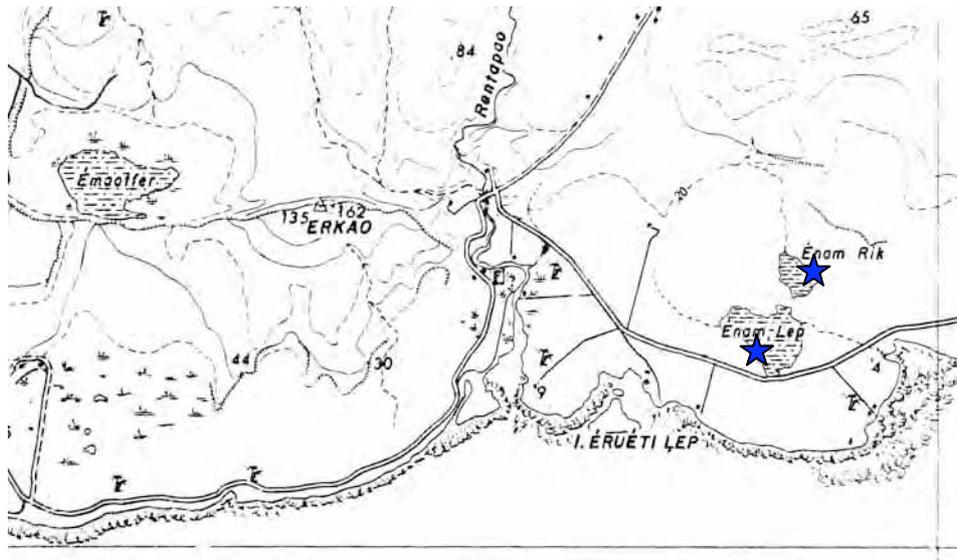
- Marais Enam Lep

Point GPS : 17°48'10.5" S / 168°28'59.0" E, altitude 15 mètres

Gérant administratif du domaine : Marc TRAVERSO

Date : 25/11/05

Aide sur place : Leny



vue vers la rive ouest de Enam Lep



au centre du marais

Peu de temps avant que l'on ne s'y rende, le marécage d'Enam Lep a brûlé accidentellement. En son centre, nous avons réalisé un sondage à la tarière. Nous avons très vite récupéré une argile claire devenant de plus en plus blanche avec la profondeur, puis du sable marin coquillier.

Lithologie du sondage

on prélève pour chaque sortie de la tarière les deux centimètres inférieurs du remplissage de la tête et pour la dernière, un échantillon à 115 cm.

0-20 cm : litière + sol superficiel, argile claire à la base

20-30 cm : argile blanche

30-50 cm : argile beige (limite des deux argiles à 47 cm)

50-64 cm : argile beige/rose

64-79 cm : argile beige/blanche (petit gastéropode)

79-95 cm : sable de plage blanc, passées rosées gélatineuses

on atteint le niveau de l'eau à 80 cm

95-107 cm : sable blanc, aspect toujours gélatineux

107-125 cm : argile plastique blanche puis sable grossier coquillier blanc débutant à 119 cm

- Marais Enam Rik

Gérant administratif du domaine : David RUSSET

Date : 25/11/05

Marécage comparable à celui d'Enam Lep, recouvert d'une végétation dense à Cyperacées.

Aucun sondage n'y est réalisé.



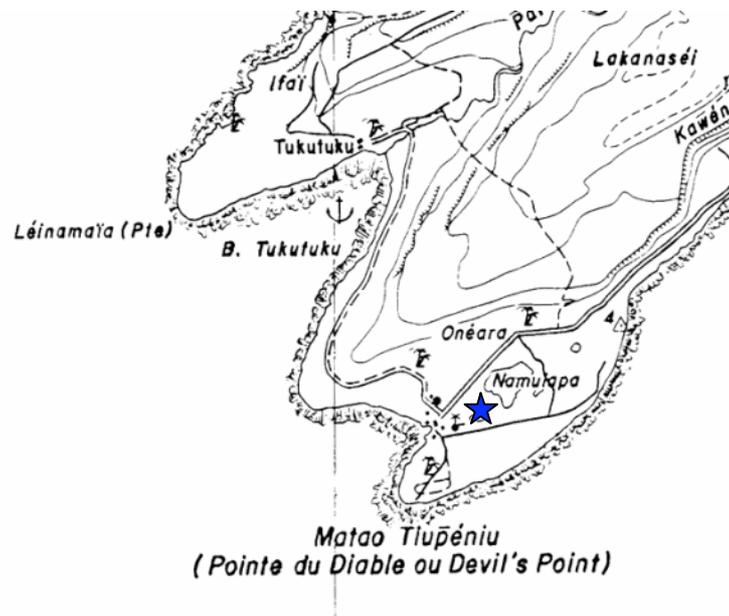
Rive est du marais Enam Rik

SITE DE LA 'POINTE DU DIABLE'

Repérages le 29 octobre avec David LAURENT. On observe de nombreuses dolines en formation, une carrière de sable riche en niveaux à ponces.

Le marais, sur la propriété de Bill SHAM est comparable à celui d'Enam Rik, voire d'Emaotfer.

Aucun sondage n'a pu être réalisé en l'absence du propriétaire.



vue générale du marais



vue depuis sa rive nord

Excursions

20 septembre 2005

Sortie botanique et reconnaissance de grotte

Pascal GUILLET et Esta vers la cascade de Lololima, et sa grotte.

Altitude 60 mètres

Point GPS : 17°43'39.1'' S / 168°23'21.3'' E

Départ de Port-Vila en voiture vers le nord de Port-Vila jusqu'à Montmartre, puis une heure de marche sur la propriété des frères maristes. La grotte, souterraine, d'assez petite taille est accessible à la nage par la traversée (A) d'une retenue d'eau. La cavité est riche en plaquages stalagmitiques de formation récente et peu propice à notre étude.



(A)



(B)

21 septembre 2005

Port-Vila: visite du musée du Père RODET de très nombreux témoignages archéologiques, ethnographiques et administratifs. (B)

02 octobre 2005



Visite de Secret Garden, au nord ouest de Port-Vila. Ce jardin récapitule l'histoire de l'île et de sa végétation.





04 octobre 2005

Visite du jardin tropical de la Téouma, concepteur propriétaire Don PATTERSON



Russelia sp. (Srophulariaceae)



Alpinia oceanica (Zingiberaceae)



Cerbera sp. (Apocynaceae)

24 novembre 2005

Avec Chanel SAM et Jimmy YASUL, sortie botanique dans la forêt des hauts de la Téouma, au niveau du troisième plateau (altitude > 300 m), sur la propriété de Robert MONVOISIN. Départ d'une zone déboisée en cours d'ensemencement pour constituer des prairies pour le bétail. Point GPS : 17°39'58.9'' S / 168°25'36.9'' E.

On note la présence de deux palmiers dont l'un est endémique, aux palmes étalées, *Wetchia* sp. et l'autre pas, *Bulugia* sp.



Wetchia sp.



Bulugia sp.

De nombreuses espèces, caractéristiques de la forêt humide, sont décrites le long d'un profil ascendant vers les crêtes sommitales de la chaîne (3 heures de parcours à pied à l'aller). Pour certaines d'entre elles nous prélevons des fleurs (étude pollinique). Des mousses sont également récoltées pour étudier la pluie pollinique actuelle. Le même travail est réalisé dans un marécage voisin.



Palaquium sp. (Sapotaceae)



Dendrocnide sp. (Urticaceae)



Astronidia sp. (Melastomataceae)

2 – ESPIRITU SANTO

CADRE GÉNÉRAL

L'île de Espiritu Santo se situe entre 166°32' - 167°18' de Long. E et 14°39' - 14°46' de Lat. S. Sa superficie est de 3900 km². Les îles proches de Malo et d'Aoré, couvrent respectivement 180 et 60 km².

Le climat est de type équatorial, avec une saison plus fraîche de juin à août (hiver austral). Les températures moyennes annuelles varient autour de 24,5°C : le long de la côte, elles ne dépassent 33°C ou ne descendent sous 16°C qu'exceptionnellement (en août 1955 min. 12,1°C, en janvier 1959, max. 32,8°C). La pluviométrie moyenne annuelle est de 3108 mm à Luganville ; elle plus élevée sur la côte orientale au vent et certainement bien moindre sur le flanc occidental de la chaîne montagneuse, sous le vent. Cinq associations végétales majeures sont reconnues :

- la forêt sempervirente, la mieux représentée en surface d'occupation des sols, présente depuis les flancs ouest des montagnes occidentales jusqu'à la côte est ;
- une forêt de nuages au dessus de 900 m d'altitude dans la Péninsule de Cumberland ;
- des prairies de hautes altitudes confinées aux zones sous le vent de la côte ouest, d'origine soit naturelle soit anthropique ;
- des prairies de basses altitudes, plus précisément au sud de Big Bay et inféodées aux zones de pâturages domestiques et sauvages ;
- une végétation côtière, caractérisée par *Pandanus*, *Barringtonia*, *Acacia*, *Casuarina*.

L'impact des activités humaines contribue fortement à l'altération de ces associations végétales originelles.

Espiritu Santo est formé de deux unités géologiques principales : à l'ouest les zones volcaniques miocènes et à l'est les récifs coralliens quaternaires soulevés. Le point culminant du Vanuatu est localisé dans la partie volcanique de Espiritu Santo : il s'agit du Mont Tabwemassana (1879 m d'altitude), d'âge Miocène inférieur, constitué de brèches volcaniques associant quelques niveaux gréseux et calcaires. À la fin des activités volcaniques, la mise en place progressive des calcaires côtiers autour et entre les volcans a débuté dès le Miocène moyen et supérieur. Cette mise en place s'est poursuivie par des dépôts sous faible profondeur d'eau (conglomérats, sables et silts) essentiellement au cours du Pliocène et localisés au sud de Big Bay. Puis, depuis le Quaternaire les récifs côtiers frangeants se développent alors que les produits d'érosion issus des montagnes de l'ouest s'accumulent dans Big Bay.



Détermination des sites d'étude

De même que pour Efaté les régions à prospector ont été définies en premier lieu après examen des cartes topographiques et photographies aériennes en notre possession. Puis ce premier inventaire des sites potentiels a été complété voire modifié après discussion et interrogation des habitants locaux ayant une bonne connaissance des zones cibles. Les premiers contacts fournis par Rufino PINEDA ont été notre base de recherche.

Prospection et sondages à Espiritu Santo

Les prospections et prélèvements de terrain réalisés sur l'île ont été couplés avec la mission préparatoire du projet 'Santo 2006' pour lequel nous participerons au module karst (voir l'annexe 7).

Une réunion, à laquelle nous avons participé, s'est tenue le 26 octobre à Nouméa. Son objectif était de faire le point sur la mission préparatoire et d'informer les chercheurs de Nouméa qui souhaiteraient s'associer au projet.



SITE DE LA RIVIÈRE MANAO

Avant de débuter la prospection des marécages, nous nous rendons, à la rivière Manao, au sud de l'île, pour observer d'épaisses couches d'alluvions signalées par Rufino PINEDA.

Le 7 novembre, coupe de la rivière Manao au point S 15°34'13.2'', E 166°56'49.5''

altitude 35 m

Aide sur place Faustin



Le sédiment est très noir, fin et sableux à petits galets et débris de coquilles. Un bivalve entier est prélevé ainsi qu'un bois fossile, des charbons et du sédiment pour l'analyse pollinique.

SITE DU MARÉCAGE 'WAÉROWA'

Notre prospection nous mène ensuite à un marécage côtier, anciennement propriété de Pierre Joly, appelé 'Waérowa' sur la carte.

Site noté Pjol



On note la présence de plantes d'eau. Le bétail vient boire dans ce marais comme le montrent de nombreuses traces de piétinement. Nous réalisons un sondage à la tarière d'une profondeur de 165 centimètres, après quoi la tarière est bloquée par un substrat de corail. Au total, 10 échantillons, les 2cm à la base de chaque sortie de la tarière, sont prélevés.

Les premiers 40 centimètres que nous décapons, sont composés d'un sol humifère très remanié en dessous duquel se trouve un sédiment argilo-corallien :

Pjol1 : surface

Pjol2 : 0-14 cm ; 5Y 7/2 (gris clair), présence de petits mollusques

Pjol3 : 14-29 cm, la nappe d'eau apparaît à 19 cm, argile gris verdâtre moins compacte que plus haut

Pjol4 : 29-58 cm, argile sableuse verte à coquilles, 5GY 6/1 à 7/1 (gris clair verdâtre)

Pjol5 : 58-74 cm, 5GY 7/1 et 5Y 6/2 (gris clair verdâtre)

Pjol6 : 74-79 cm

Pjol7 : 79-93 cm

Pjol8 : 93-106 cm, plus compact et plus sec

Pjol9 : 106-120 cm, sédiment grossier, morceaux de coraux centimétriques, coquilles

Pjol10 : 120-125 cm, la tarière bloque

SITE D'AORÉ

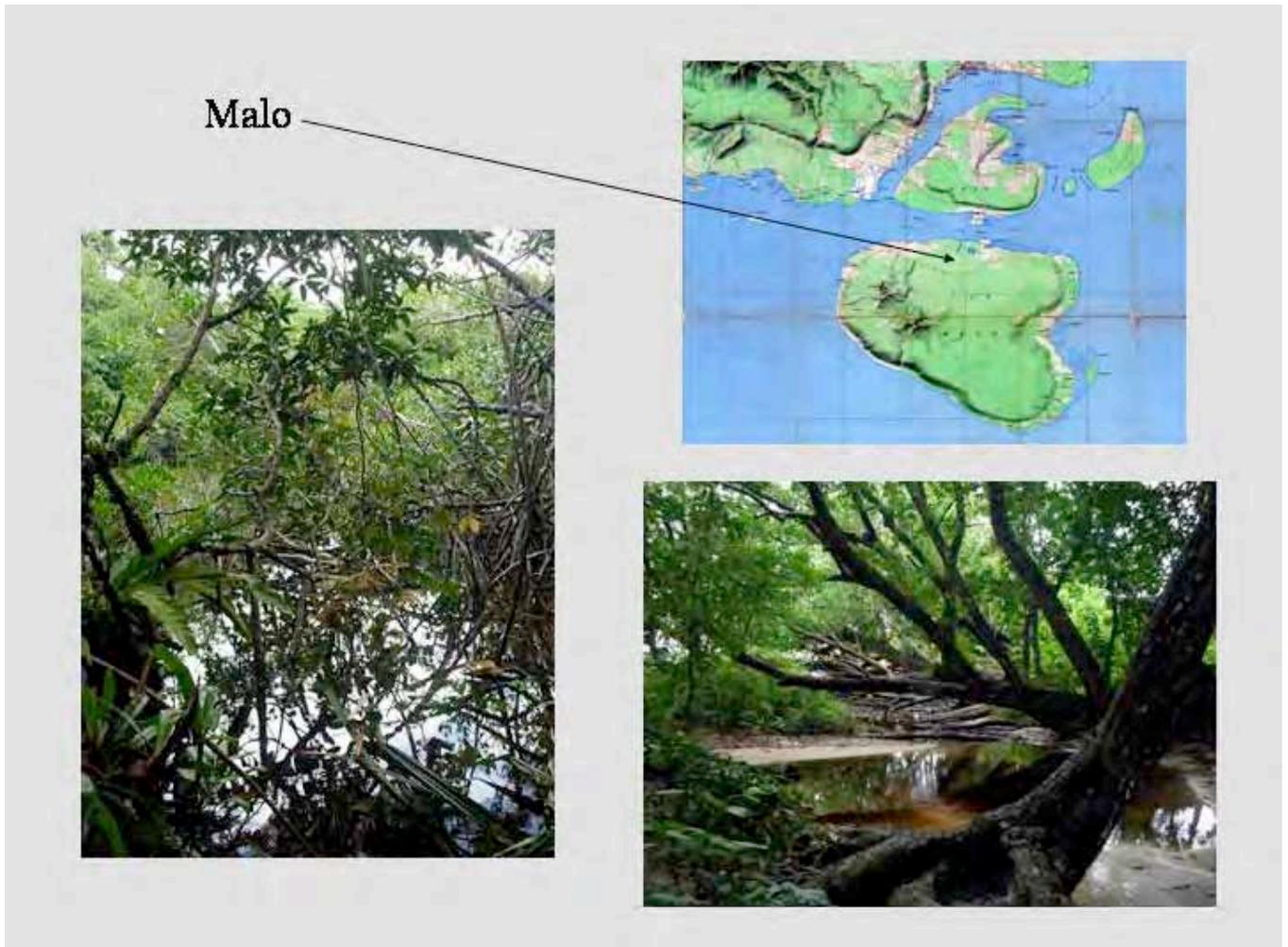
Le 9 novembre, visite du site archéologique de Makué en cours de fouille par Jean-Christophe Galipaud (IRD, UR 092).



On nous signale l'existence de grottes, à proximité du site fouillé mais ces grottes, déjà prospectées dans le cadre de la mission 'Santo 2006' par M. & Mme Lips (2005), spéléologues de la mission 'Santo 2006' (voir l'annexe 7), semblent impropres à l'étude de spéléothèmes. Nous rencontrons le chef Pakao MWLE et prenons date pour prospecter le site marécageux côtier du nord de l'île de Malo.

SITE DE MALO

Le 18 novembre, prospection du marécage avec le chef et sa fille. C'est un marais confiné, avec une grande épaisseur de litière, environ un mètre, gorgée d'eau. Dessous après 1,5 m d'eau libre, la tarière bute sur le fond sableux du marécage. Pas de sédiment donc pas de prélèvement.



le marécage depuis sa rive

effluent du marécage

SITE DE L'ÎLE DIONN ou DAUPHIN, Port Olry

Date : 17 novembre

Aide sur place : Jean VIANEY

C'est une île corallienne avec dans sa partie orientale un plateau soulevé culminant à 180 m. Deux trous d'eau, d'environ 250 mètres de grand axe chacun, témoignent du caractère karstique de l'île.

Faute de moyens de navigation sur place, nous n'avons exploré que les rives de ces deux trous d'eau. Leur profondeur est certainement grande, dès la rive les pentes immergées sont fortes. Le lac le plus au nord est entièrement entouré d'une forêt dense mésophylle relativement préservée, en raison du caractère inhospitalier du lac. En effet, avant d'accéder à l'eau libre il faut s'avancer sur un matelas flottant très épais (de 1 à plus de 2 m) constitué d'un entrelacs de branches et feuilles mortes, très dangereux en cas de déchirure. Nous avons pu traverser cette couche avec la tarière et sous l'eau libre, le fond n'est constitué que de sable carbonaté.

Les abords du lac localisé plus au sud, sont plus aisés et très anthropisés: ce lac est un lieu d'agrément pour les locaux et les touristes ; en effet, il n'y a pas de dépôt de litière et branches sur les rives. Le fonds est aussi sableux avec toutefois quelques rares taches de dépôts organiques apparents.



Lac du nord



Lac du sud

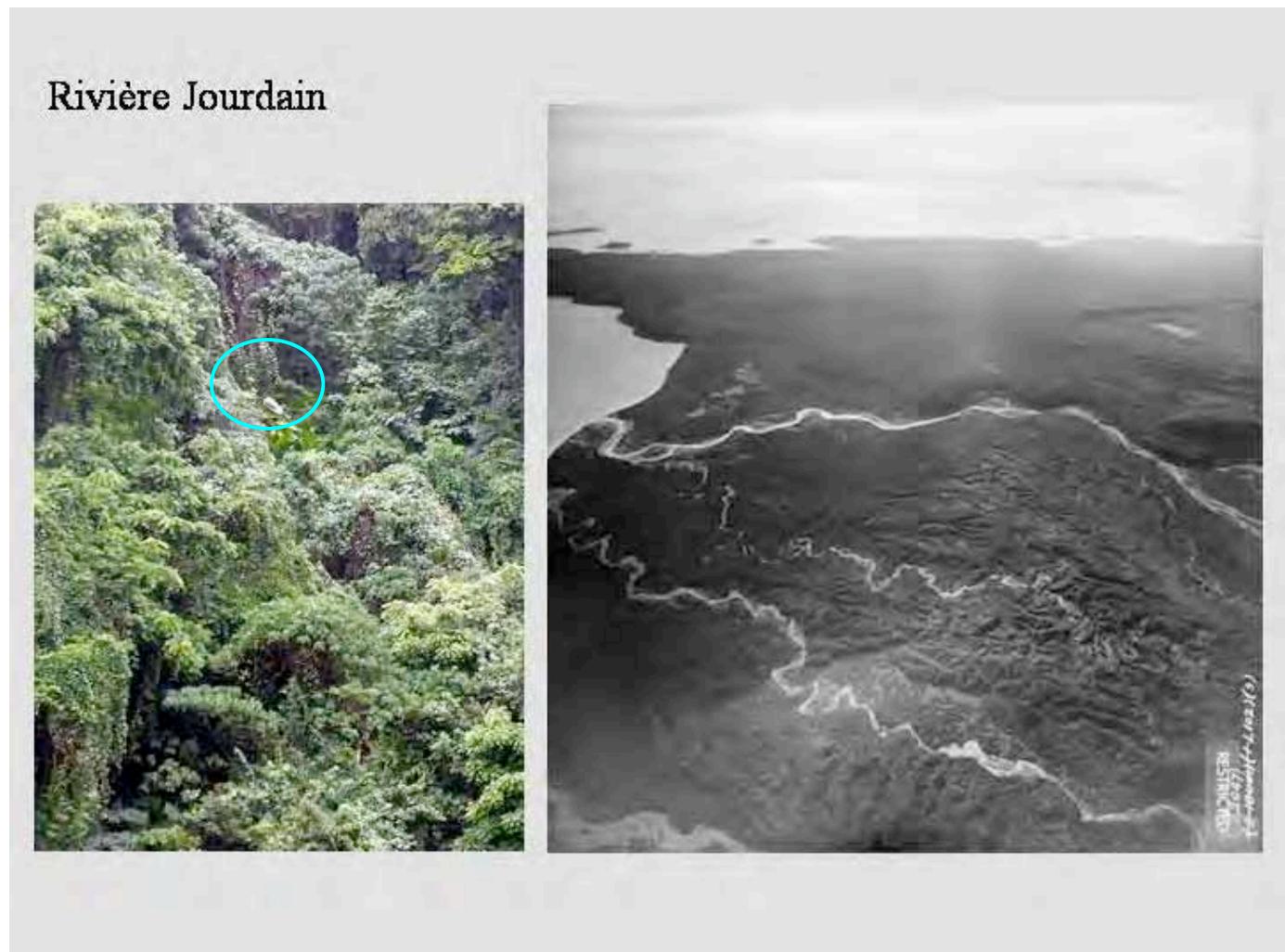
SITE DE LA RIVIÈRE JOURDAIN

Date : 10 novembre

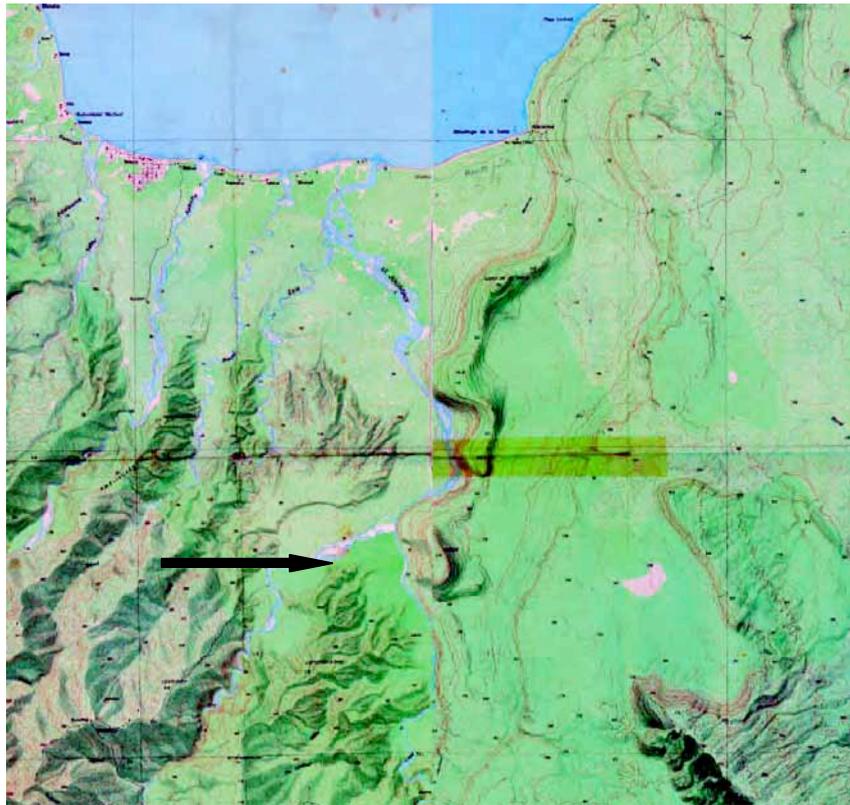
Aide sur place Rufino PINEDA

La rivière Jourdain se jette dans la mer au nord de l'île au niveau de Big Bay, en regroupant plusieurs affluents. Elle recoupe des alluvions plio-pléistocènes ; le lit de la rivière est bordé de terrasses holocènes dont nous avons pu observer quelques reliques à l'aval de la vallée.

La végétation est caractérisée par une forêt mésophylle basse, à couvert fermé et lianes, sous une forme dégradée. Il est possible d'observer des témoins d'une exploitation antérieure par l'homme illustrée notamment par la présence d'une Musaceae, dont les feuilles servent d'emballage dans la cuisine traditionnelle ('lap lap'). Des traces d'incendies volontaires pour 'nettoyer le terrain' sont visibles en plusieurs places.



Musaceae



la flèche indique le site où les clichés ci-dessous ont été pris



Calcaires pliocènes

Alluvions holocènes



SITE DE BOUTMAS, GROTTTE FAPON

Date : 14 novembre

Aide sur place Rufino PINEDA

La grotte est située à proximité du village de Boutmas (ou Butmas), à environ 50 Km au nord (mauvaise piste) de Luganville. Nous y pénétrons en utilisant la galerie suivie par la rivière qui s'engouffre dans cette cavité. À plus de 100 mètres de l'entrée et au vu des concrétionnements présents nous nous arrêtons pour prélever 4 petits spéléothèmes. Nous ne nous attardons pas dans cette galerie car dans cette partie de l'île le temps est à la pluie depuis quelques jours et une crue de la rivière est possible.

La végétation avoisinante est constituée d'une forêt mésophylle à couvert fermé et à lianes caractéristique des plateaux karstiques.



vues externes

coupes selon l'axe de croissance

SITE DU MARAIS DE NAONEPAN

Propriétaire administratif : Mark O'BRIEN que nous rencontrons, il nous autorise à échantillonner sur le site.

Date : 15 novembre

Aide sur place Ben



Le marécage, orienté NW-SE, est de grande taille, est recouvert d'une végétation basse de plantes aquatiques *Eichornia crassipes*, (Nymphéacées.) et de Cyperacées. Il est bordé de grands arbres, *Hibiscus tiliaceus*, *Inocarpus fagiferus*, *Cocos nucifera*, *Syzygium malaccense*, *Antiaris*...

Altitude 24 mètres

point GPS : S 15°35'33.5'', E 167°06'00.0''

De nombreux essais sont réalisés à la tarière mais nous butons rapidement et systématiquement, à quelques centimètres de la surface, sur un sédiment dur, sablo-coralien. Un deuxième marécage, à environ 500 mètres plus à l'est et recouvert de Cyperacées, ne permet pas non plus, pour les mêmes raisons, de prélever des sédiments. Un troisième marécage enfin, proche de la route principale, encore plus à l'est, présente les mêmes caractéristiques et là encore pas de prélèvement de sédiment meuble possible.

Ce type de marécage côtier montre systématiquement 30 à 40 centimètres de boue organique, remaniée et piétinée par le bétail, viennent ensuite des niveaux sablo-coralien, aucun autre type de sédiment n'ayant été repéré.

3 - TANNA

Prospection et sondages à Tanna

SITE DU YASUR

Dates: 1^{er} et 2 novembre

Aides sur place Henri JOMMA, Steve et Ken

Le site d'étude est une zone marécageuse localisée à l'emplacement de l'ancien lac Siwi, qui s'est vidangé fin avril 2000, par son extrémité est. En effet, les fortes pluies de la fin d'année 1999 (année El Niña) suivies d'épisodes pluvieux encore importants durant le 1^{er} semestre 2000 ont entraîné une élévation du niveau du lac de l'ordre de 3 mètres. Sous la pression, le barrage naturel qui le fermait, a alors cédé.

Pour chacun des sondages, l'on enfonce la tarière de 20 centimètres et à chaque prise on récupère les 5 cm de la base de la tête de la tarière.

- Yasur 1

le sondage est réalisé au point S 19°31'21.8'' ; E 169°25'57.3'', altitude 56 mètres, jusqu'à une profondeur de 2 mètres. Le sédiment est constitué d'une vase très noire, cendreuse (5Y2.5/1).

- Yasur 2

il est réalisé au point S 19°32'04.0'' ; E 169°25'54.0'', altitude 68 mètres.

33 échantillons jusqu'à une profondeur de 3,17 mètres sont prélevés. La stratigraphie est constituée d'une alternance de niveaux argileux et cendreux.

Yasur 1



Yasur 2



puits de sondage



Yasur 2

détail de la paroi du puits de sondage

RÉFÉRENCES CITÉES

- Burr, G. S., J. W. Beck, F. W. Taylor, J. Récy, L. R. Edwards, G. Cabioch, T. Corrège, D. J. Donahue and J. M. O'Malley, 1998. A high-resolution radiocarbon calibration between 11,700 and 12,400 calendar years BP derived from ^{230}Th ages of corals from Espiritu Santo Island, Vanuatu. *Radiocarbon* 40(3): 1093-1105.
- Cabioch, G., 2003. Postglacial reef development in the South-West Pacific: case studies from New Caledonia and Vanuatu. *Sedimentary Geology* 159(1-2): 43-59.
- Cabioch, G. and L. K. Ayliffe, 2001. Raised coral terraces at Malakula, Vanuatu, Southwest Pacific, indicate high sea level during marine isotope stage 3. *Quaternary Research* 56(3): 357-365.
- Cabioch, G., K. A. Banks-Cutler, W. J. Beck, G. S. Burr, T. Corrège, L. R. Edwards and F. W. Taylor, 2003. Continuous reef growth during the last 23 cal kyr BP in a tectonically active zone (Vanuatu, SouthWest Pacific). *Quaternary Science Reviews* 22(15-17): 1771-1786.
- Cabioch, G., F. W. Taylor, T. Corrège, J. Récy, L. R. Edwards, G. S. Burr, F. Le Cornec and K. A. Banks, 1999. Occurrence and significance of microbialites in the uplifted Tasmaloum reef (SW Espiritu Santo, SW Pacific). *Sedimentary Geology* 123(1-4): 305-316.
- Galipaud, J.-C., 2000. The Lapita site of Atanoasao, Malo, Vanuatu. *World Archaeological Bulletin* 12: 41-55.
- Lips, B. et Lips, J., 2005. Expédition Santo 2006. Module karst. Mission de reconnaissance 22/07 – 30/08 2005. *Gouvernement du Vanuatu-IRD-Pro Natura International-MNHN*, 85 p.
- Pineda, R. et J.-C. Galipaud, 1998. Évidences archéologiques d'une surrection différentielle de l'île de Malo (archipel du Vanuatu) au cours de l'Holocène récent. *Compte Rendus de l'Académie des Sciences, Paris, Série II A* 327(11): 777-779.
- Quantin, P., 1972-1978. Archipel des Nouvelles-Hébrides. *Atlas des sols et de quelques données de milieu naturel*. Paris, France, ORSTOM.
- Quantin, P., 1992. Les sols de l'archipel volcanique des Nouvelles-Hébrides (Vanuatu). Étude de la pédogenèse initiale en milieu tropical. *Collection Études et Thèses*, ORSTOM Paris, France, 498 p.
- Sémah, A.-M., F. Sémah and D. Wirmann, 2002. Climate and environment during the early coastal and inland colonization of New Caledonia. *The 17th Congress of Indo-Pacific Prehistory Association*, Tapei, Taiwan, Academia Sinica.
- Wirmann, D., A.-M. Sémah et F. Sémah, 2004. Apports des enregistrements sédimentaires à l'histoire des paléoenvironnements des 3000 dernières années de la vallée de la Koumac (Nouvelle-Calédonie). *Assises de la Recherche Française dans le Pacifique* (24-27 Août), Nouméa, Nouvelle-Calédonie, vol. des Résumés p. 307.
- Wirmann, D., A.-M. Sémah and M. Chacornac-Rault, 2006. Late Holocene paleoenvironment in northern New Caledonia, Southwestern Pacific, from a multiproxy analysis of lake sediments. *Quaternary Research*, sous presse.

Au cours de la MLD, une semaine environ (16 au 28 octobre (AMS)/ et 21 au 28 (DW), passée à Nouméa, a été consacrée à des réunions de travail et des prélèvements dans l'herbier d'une part, dans la carothèque d'autre part.

Prélèvements dans l'herbier

Chaque mission à Nouméa donne lieu à des prélèvements de matériel floral, en accord avec les botanistes (J. Muntzinger notamment), en vue de préparer des lames de pollen de référence. Une lame est réservée, en retour, à l'herbier.

Genre espèce	Famille	n° d'herbier
<i>Alangium bussyanum</i>	Alangiaceae	15664 et 14907
<i>Wedelia uniflora</i>	Asteraceae	4705
<i>Wedelia trilobata</i>	Asteraceae	45305
<i>Hibbertia baudouinii</i>	Dilleniaceae	5881
<i>Hibbertia comptonii</i>	Dilleniaceae	5770
<i>Diospyros veillonii</i>	Ebenaceae	7203
<i>Sloanea montana</i>	Elaeocarpaceae	3575
<i>Sloanea koghiensis</i>	Elaeocarpaceae	21766
<i>Platyspermation crassifolium</i>	Escalloniaceae	3463
<i>Canavalia sericea</i>	Fabaceae	1502
<i>Sophora tomentosa</i>	Fabaceae	6441
<i>Lotus australis</i>	Fabaceae	7707
<i>Ryssopteris cf. discolor (timoriensis)</i>	Malpighiaceae	4929
<i>Canacomyrica monticola</i>	Myricaceae	
<i>Tapeinosperma scorbiculatum</i>	Myrsinaceae	357
<i>Oplismenus cf. Compositus</i>	Poaceae	16351
<i>Oryza neocaledonica</i>	Poaceae	7938
<i>Alphitonia xerocarpa</i>	Rhamnaceae	2392
<i>Bikkia macrophylla</i>	Rubiaceae	22973
<i>Psychotria douarrei</i>	Rubiaceae	3396 et 1904
<i>Daenikera corallina</i>	Santalaceae	3172
<i>Suriana maritima</i>	Simarubaceae	43756
<i>Melochia odorata</i>	Sterculiaceae	1567

Prélèvements Amédée 4. Carottage au Phare Amédée - 1995 - AM4 (13 échantillons)

En vue de réaliser l'analyse pollinique des niveaux sédimentaires qui s'intercalent dans les carottes coralliennes (correspondant aux périodes glaciaires et à l'interruption de la croissance des coraux), des échantillons ont été prélevés dans la carotte AM4 du Phare Amédée (sud ouest de la Nouvelle Calédonie). Ces échantillons ont été prélevés en collaboration de Guy CABIOCH avec l'aide de Grégory LASNE (UR Paléotropique).

n°	profondeur (m)	n°	profondeur (m)
5	12.45	205	69.5
39	36.6	229	77
58	42.5	257	84.65
105	53	353	103.9
117	54.7	396	114.6
162-163	60.75 – 60.8	467	119.85
		550	126.

AU JOUR LE JOUR

La mission de longue durée, comme cela en est la vocation, nous a permis de mener à bien les démarches administratives parfois complexes mais aussi de prendre le temps de respecter les coutumes du pays et de tenter d'en apprendre la langue.

Le pourcentage de temps passé, hors terrain, en démarches, demandes d'autorisations, d'exportation, douane, fabrication d'un radeau, n'a pas été négligeable, mais indispensable. C'est ainsi que nous avons établi de nombreux contacts tant auprès des instances officielles qu'auprès de Ni Vanuatais, toujours accueillants et intéressés, voire amusés par notre travail. Nous avons été retardé par l'arrivée différée du carottier dont le moteur a dû être réparé (le 27 septembre).

Nous avons mis à profit certains de ces moments d'attente, à Éfaté, pour donner par exemple une conférence auprès des étudiants et lycéens de Vila, conférence organisée dans les locaux de l'AUF par Madame Dominique BÉDARD, sa Directrice ou encore informer la presse (voir l'annexe 3).

Nous avons partagé, un temps, la vie de la communauté de Port-Vila et assisté à plusieurs conférences au Centre Culturel de la ville :

‘The Nowon and Votvos of Ureparapara’ par Andrew HOFFMAN

‘La préservation du Patrimoine’ par Ralph REGENVANU

Nous avons partagé, également quelques moments de détente lors d'exposition au Centre Culturel Français, soirée des vendanges, expositions de peinture...



10 octobre : inauguration d'une exposition d'art traditionnel au Centre Culturel Français de Port-Vila, en présence du Président de la République du Vanuatu, Monsieur Kalkot Matas KELEKELE et de Son Excellence l'Ambassadeur de France, Monsieur Pierre MAYAUDON.

ANNEXES

- 1 – Lettres d'accord du Dpt. of Geology, Mines and Water Resources*
- 2 – Permis de recherche délivré par l'Environment Unit*
- 3 – Vulgarisation, médiatisation*
- 4 - Liste des échantillons prélevés*
- 5 – Résultats d'analyses*
- 6 – Liste des plantes échantillonnées*
- 7 – Le projet 'Santo 2006'*

ANNEXE 1 – Dpt. of Geology, Mines and Water Resources



GOVERNMENT OF THE REPUBLIC OF VANUATU GOUVERNEMENT DE LA RÉPUBLIQUE DE VANUATU

**GEOLOGIE, MINES ET
RESSOURCES EN EAU**
SAC POSTAL PRIVÉ 001 - PORT VILA
TÉLÉPHONE: 2 2423 - 2 3246
FAX : 2 2213 FAX : 2 2213

**GEOLOGY, MINES AND
WATER RESOURCES**
PRIVATE MAIL BAG 001-PORT VILA
TELEPHONE: 2 2423 -2 3246

Port-Vila, le 8 Juillet 2005

à M. Dominique BOTREL
Division des Personnels/BGPEC
IRD, Paris
France

Objet : lettre d'accord

Monsieur,

Par la présente, j'ai l'honneur de vous informer que, suite à une discussion avec M. Denis Wirmann chercheur à l'IRD, le projet de mission longue durée en collaboration avec Mme Anne-Marie Sémah palynologue à l'IRD et programmée de septembre à novembre 2005 inclus, a retenu toute mon attention. En effet les objectifs de cette mission sont importants car ils permettront une meilleure connaissance de l'évolution des environnements passés et des interactions entre la variabilité climatique et la biosphère. Ces travaux seront aussi complémentaires des résultats de la mission ' Biodiversité Santo 2006 ' à laquelle ces deux chercheurs seront associés. C'est pourquoi je vous confirme mon accord pour la réalisation de cette mission en 2005 et vous assure du soutien du Service de Géologie du Vanuatu pour favoriser son bon déroulement.

Vous souhaitant bonne réception de ce courrier, avec mes sincères salutation.

Erickson SAMMY
Directeur du service de Geologie du Vanuatu.



GOVERNMENT OF THE REPUBLIC OF VANUATU
GOUVERNEMENT DE LA RÉPUBLIQUE DE VANUATU

**GEOLOGIE, MINES ET
RESSOURCES EN EAU**

SAC POSTAL PRIVÉ 001 - PORT VILA
TÉLÉPHONE: 2 2423 - 2 3246
FAX : 2 2213

**GEOLOGY, MINES AND
WATER RESOURCES**

PRIVATE MAIL BAG 001 - PORT VILA
TELEPHONE: 2 2423 - 2 3246

Port-Vila, le 9 septembre 2005

à Madame S. GARNIER
Division des Personnels/BGPEC
IRD, Paris
France

Objet de la lettre : Procès verbal d'installation

Madame,

Je, sous signé Erickson Sammy, responsable du Service de Géologie, Mines et Ressources en Eau, atteste que Madame Anne-Marie Sémah et Monsieur Denis Wirmann, chercheurs à l'Institut de Recherche pour le Développement, UR 55 PALEOTROPIQUE, se sont présentés le 9 septembre 2005 dans nos services pour débiter leur mission longue durée au Vanuatu.

Vous souhaitant bonne réception de ce courrier, je vous prie de croire en mes sincères salutations.

Erickson SAMMY
Directeur du service de Géologie du Vanuatu

ANNEXE 2 - Environment Unit

ENVIRONMENT UNIT
Private Mail Bag 063
Port Vila
REPUBLIC OF VANUATU

Tel: (678) 23302



Fax: (678) 23565

BUREAU DE L'ENVIRONNEMENT
Sac Postage Privé 063
Port Vila
REPUBLIQUE DE VANUATU

Email: environment@vanuatu.gov.vu
Email: environ@vanuatu.com.vu

ENV 317/011/1/05/EB/eb

27th September 2005

TO WHOM IT MAY CONCERN

This is to certify that the Vanuatu Environment Unit (VEU) has on the twenty seventh day of September 2005 received an amount of VT 25,000 being for research application fee from Anne-Marie SEMAH and Denis WIRRMANN to undertake research on past and present climate variability.


Ernest BANI
Head
Vanuatu Environment Unit



Brief details of the institution and provide supporting letter to the research by the institute



Institut de recherche
pour le développement

213, rue La Fayette
F - 75430 Paris cedex 10

TEL : 33 (0)1 48 03 77 77
FAX : 33 (0)1 48 03 08 28
WEB : www.ird.fr

Direction des Personnels
Bureau de Gestion
Dossier suivi par : Ida ADJIBI

Décision n° 2056152
du 17/08/2005

Le Directeur Général de L'Institut de Recherche pour le développement (IRD)

Vu le décret N°67-290 du 28 mars 1967 modifié, fixant les modalités de calcul des émoluments des personnels de l'Etat et des établissements publics de l'Etat à caractère administratif à l'étranger,

Vu le décret N°86-416 du 12 mars 1986 modifié, fixant les conditions de prise en charge par l'Etat des frais de voyage et de changement de résidence à l'étranger ou entre la France et l'étranger des agents civils de l'Etat et des établissements publics de l'Etat à caractère administratif,

Vu l'arrêté du 3 février 2000 relatif aux conditions d'application aux personnels de l'IRD en mission de longue durée du décret n°67-290 du 28 mars 1967 modifié, fixant les modalités de calcul des émoluments des personnels de l'Etat et des établissements publics à caractère administratif à l'étranger,

Vu l'instruction relative aux modalités d'application à l'IRD des dispositions concernant les missions de longue durée du 02 avril 2001,

Vu la demande de M. ORTLIEB,

DECIDE

ARTICLE 1

MME ANNE-MARIE SEMAH

Grade : CR1 CHARGE DE RECHERCHE DE 1ERE CLASSE

Matricule : 91350

affecté à R055 - PALEO-ENVIRONNEMENTS TROPICAUX ET VARIABILITE CLIMATIQUE

en service à 99303 BONDY

est placé(e) en mission de longue durée

pour la période : du 04/09/2005 au 03/12/2005

à 54801B - SERVICE DE GEOLOGIE MINES ET RESSOURCES EN EAU- SPP1-Port Vila- VANUATU.

ARTICLE 2

Durant cette période, MME SEMAH perçoit une rémunération indexée du groupe 16 et bénéficie de la prise en charge d'un billet aller-retour sous réserve de présentation des justificatifs.

Pour le Directeur Général et par délégation

Anne PAVEL

COPIE : MME ANNE-MARIE SEMAH
Responsable de la structure de l'intéressé(e)
l'ordonnateur principal, le cas échéant
Représentant d'accueil et de départ
ACP
SAGA/BMV
DP Chrono

Conformément aux dispositions concernant les relations entre l'administration et les usagers (Décret n°85-1025 du 28 novembre 1985, modifié par le loi n°2000-321 du 12 04 2000), vous avez la possibilité, si vous le désirez, dans un délai de deux mois,

à compter de la date de la notification de la présente décision :

■ soit de vous pourvoir contre celle-ci devant le tribunal administratif,

■ soit de former préalablement à toute action en justice un recours gracieux ou hiérarchique.

Dans ce cas, vous disposez, pour vous pourvoir ultérieurement devant le tribunal administratif, d'un délai de deux mois commençant à courir :

■ en cas de lettre rejetant votre recours, à la date de réception de cette lettre

■ en cas de non réponse à votre recours pendant deux mois, à la date d'expiration du deuxième mois.

IRD est un établissement public français, à caractère scientifique et technologique,
placé sous la tutelle conjointe des ministres chargés de la recherche et de la coopération



institut de recherche
pour le développement

siège
213, rue La Fayette
F - 75480 Paris cedex 10

TEL : 33 (0)1 48 03 77 77
FAX : 33 (0)1 48 03 08 29
WWW : www.ird.fr

Direction des Personnels
Bureau de Gestion
Dossier suivi par : Ida ADITBI

Décision n° 2056159
du 17/08/2005

Le Directeur Général de L'Institut de Recherche pour le développement (IRD)

Vu le décret N°67-290 du 28 mars 1967 modifié, fixant les modalités de calcul des émoluments des personnels de l'Etat et des établissements publics de l'Etat à caractère administratif à l'étranger,

Vu le décret N°86-416 du 12 mars 1986 modifié, fixant les conditions de prise en charge par l'Etat des frais de voyage et de changement de résidence à l'étranger ou entre la France et l'étranger des agents civils de l'Etat et des établissements publics de l'Etat à caractère administratif,

Vu l'arrêté du 3 février 2000 relatif aux conditions d'application aux personnels de l'IRD en mission de longue durée du décret n°67-290 du 28 mars 1967 modifié, fixant les modalités de calcul des émoluments des personnels de l'Etat et des établissements publics à caractère administratif à l'étranger,

Vu l'instruction relative aux modalités d'application à l'IRD des dispositions concernant les missions de longue durée du 02 avril 2001,

Vu la demande de MORTLIEB

DECIDE

ARTICLE 1

MR DENIS WIRRMANN

Grade : CRI CHARGE DE RECHERCHE DE 1ERE CLASSE

Matricule : 70109

affecté à R055 - PALEO-ENVIRONNEMENTS TROPICAUX ET VARIABILITE CLIMATIQUE

en service à 54001 NOUMEA

est placé(e) en mission de longue durée

pour la période : du 01/09/2005 au 30/11/2005

à 54801B - SERVICE DE GEOLOGIE MINES ET RESSOURCES EN EAU- SPP1-Port Vila- VANUATU.

ARTICLE 2

Durant cette période, MR WIRRMANN perçoit une rémunération indexée du groupe 16 et bénéficie de la prise en charge d'un billet aller-retour sous réserve de présentation des justificatifs.

Pour le Directeur Général et par délégation

Anne PAVEL

COPIE :
MR DENIS WIRRMANN
Responsable de la structure de l'intéressé(s)
l'ordonnateur principal, le cas échéant
Représentant d'accueil et de départ
ACP
SAGA/BMV
DP Cherso

« Conformément aux dispositions concernant les relations entre l'administration et les usagers (Décret n°83-1025 du 23 novembre 1983, modifié par la loi n°2000-121 du 12 04 2000), vous savez la possibilité, si vous le désirez, dans un délai de deux mois,

à compter de la date de la notification de la présente décision :

- soit de vous pourvoir contre celle-ci devant le tribunal administratif
 - soit de former préalablement à toute action en justice un recours gracieux ou hiérarchique.
- Dans ce cas, vous disposez, pour vous pourvoir ultérieurement devant le tribunal administratif, d'un délai de deux mois commençant à courir
- en cas de lettre rejetant votre recours, à la date de réception de cette lettre
 - en cas de non réponse à votre recours pendant deux mois, à la date d'expiration de dix-huit mois ».

L'IRD est un établissement public français, à caractère scientifique et technologique,
placé sous la tutelle conjointe des ministres chargés de la recherche et de la coopération

(B) (I) Research Details

1. Purpose of research

In the South Pacific, as it has been recognized in other parts of the world, global climatic variations shaped the paths and timing of human settlement. Nowadays, climate change (i. e. global warming) is well established as a potential threat to biodiversity and the services and benefits that people gain from ecosystems. The analysis of environmental and archaeological data from several sites in Remote Oceania suggests that spatial variability and episodic climatic disturbances (i.e., the El Niño-Southern Oscillation) played a primary role in the development of competitive settlement strategies in prehistory. A better knowledge of the interactions between natural ecosystems and human changes in subsistence and settlement due to population growth and changes caused by natural environmental disturbance must be disentangle. However, these changes are as yet poorly quantified, especially at a regional level, and better predictive ability is needed. Hence, further study of the past cultural adaptations to persistent climate change may provide valuable perspective on possible responses of modern societies to future climate change. They are required while modern instrumental records are too short to resolve multidecadal- to century-scale climate variability that we know to exist from others proxy as tree-ring, coral, speleothem and lake sediment records spanning the last millennium.

2. Reasons to undertake the research in Vanuatu

Our previous research in New Caledonia has shown that there is no detailed high resolution data of Late Holocene whilst this time period corresponds to the first human settlements in this part of Oceania. Moreover, comparison of marine and terrestrial archives is limited due to the scarcity and/or lack of good quality data since fossil coral records are often too short and too few to be useful and because most of the continental sediment records are insufficiently resolved. That is why it is very important to extend the field of observations to a neighbor country like Vanuatu which past climate and human settlements changes have been coeval with those of New Caledonia.

The final aim of this research is to provide regional-scale palaeoclimate data to improve our understanding of possible future climate change by improving our knowledge of the range of past climate variations. These data will be use by the climate models to improve climate change mitigation and managements strategies. The palaeoclimate data will be extracted from a multi-proxy studies (sedimentary analysis, geochemistry, palynology, geochronology) of the terrestrial records taken in several potential sites (lakes, swamps, caves) from Vanuatu.

3. The benefits of the research to the person/Institution/company undertaking the research

The opportunity to improve our knowledge of environmental changes during the recent past through collaboration with scientists from the DGMWR.

4. The benefits of the research to Vanuatu.

Information transfer to national and international palaeoclimate change scientists will occur through the publication of scientific papers and conference presentations. We will also produce popular articles for a general audience.

1. Other research team members:

Name	Title/Profession	Contact Address	Phone/fax/email

2. List of equipment and materials to be used

Portable vibracorer device.

3. Length of time to conduct the research while in Vanuatu

3 months

4. Island (s) intended to conduct the research on

The main prospecting and sampling sites will be :

- Efate Island where numerous water filled depressions are recognized on the topographic maps (planned in September),
- Tanna Island with the flood plain down slope of Yasur volcano, (planned in October),
- Espiritu Santo/Malo and the Banks where our colleague J.-C. Galipaud (archaeologist, IRD) has prospected several sites (planned in November).

5. Describe arrangements made with your collaborators to undertake the research

Field prospecting and sampling with Toney Tevi (geology manager– DGMWR).

If the research is supported by donor funding: specify funding support to the research and attached to this application the research proposal for funding.

.....
.....
.....

I agree that:

- This work shall take place in accord with the laws, policies and procedures of the Republic of Vanuatu.
- A copy of all reports and publications stemming from this work will be lodged in Vanuatu with:.....
- No samples will be collected without full informed consent of the owners or providers of the resource from which samples are collected.
- If samples or collections from this work are to be used for any purpose other than specified in B1 above, the Department will be advised in advance, and full effort made to obtain prior informed consent from the owners or providers of the samples.

Signature of Applicant:..... Date:.....

For official use only

Approval for the above statement: *[Signature]* Date: *27-09-05*
(HEAD of Department)

Department: *VANUATU ENVIRONMENT UNIT*

Address: *PMB 9063, POPT VILA*



ANNEXE 3 – Vulgarisation, médiatisation

 L'Agence universitaire de la Francophonie

Vous invite à assister à une causerie ayant pour thème :

Recherches paléo-climatiques au Vanuatu

Avec les chercheurs de l'IRD
Anne-Marie SÉMAH, palynologue
Denis WIRRMANN, sédimentologue



**Mercredi 12 octobre 2005
de 14h00 à 15h00
Salle de réunion de l'AUF**

a

Etudier le climat d'hier pour prévoir le climat de demain

Etudier le climat qui régnait au Vanuatu il y a plusieurs milliers d'années, telle est la mission de deux chercheurs de l'IRD (Institut de Recherche pour le Développement), Anne-Marie Sémah et Denis Wirrmann, actuellement en campagne de collecte d'échantillons au Vanuatu jusqu'en décembre. Cette recherche est importante car elle permet d'améliorer les modèles de prévisions climatiques. Ceux-ci sont pour l'instant surtout basés sur des données récentes. Le recueil de données anciennes voire très anciennes permet d'avoir une meilleure compréhension des phénomènes climatiques.

Ces deux chercheurs sont venus présenter d'une manière très vivante leurs travaux à des étudiants, des professeurs et des lycéens lors d'une conférence dans les locaux de l'AUF (Agence Universitaire pour la Francophonie), le 12 octobre dernier.

Pour connaître le climat du Vanuatu il y a plusieurs milliers d'années, on prélève dans des endroits marécageux ou dans des lacs des échantillons de sédiments. Ces sédiments



sont les fines particules qui se déposent en permanence au fond de l'eau. Au bas de la couche de dépôt, on trouve donc des particules qui se sont déposées il y a 1000, 2000, voire 10000 ans. On prélève une "carotte" de sédiments avec une sorte de tube que l'on enfonce par vibration dans le sol. La carotte mesure parfois jusqu'à 6 m. L'étude de cet échantillon au laboratoire de l'IRD à Nouméa prend parfois jusqu'à un an et demi. La manière et le contenu de ces dépôts donnent déjà des indications. On peut trouver des sables, des

graviers mais aussi de la matière organique voire du charbon. Ce charbon peut venir de l'activité humaine pour les périodes récentes mais d'incendies pour les périodes anciennes. Les sédiments contiennent aussi des grains de pollen issus des plantes qui existaient sur la zone à l'époque.

Les grains de pollen, protégés par une solide membrane, résistent bien au temps. Leur étude permet de recueillir des informations assez fines sur le climat. Si le pollen est surtout constitué par des graminées (herbes de prairies) alors le climat

était plutôt sec ; si le pollen est constitué par du pollen d'arbre alors le climat était plutôt humide. Par elles-mêmes ces informations restent insuffisantes pour expliquer les anciens climats mais on recoupe ces données avec d'autres études menées par d'autres chercheurs de l'IRD sur les coraux, la température et la salinité de la mer ou sur les concrétions dans les grottes et enfin on peut avoir une vision des variations climatiques. Il faudra donc être patients et attendre encore au moins deux ans pour avoir les premiers résultats de cette étude !

b

The Independent/L'Indépendant - Sun, 23 October, 2005

Deux chercheurs de l'IRD en mission au Vanuatu



Sémah Anne-Marie

Sémah Anne-Marie, chargée de recherche à l'IRD de France (Bondy) et Wirrmann Denis, Chercheur à l'IRD Nouméa sont en mission au Vanuatu depuis maintenant 3 mois. L'objet de leur mission est la prospection et les prélèvements de matériel sédimentaire à partir d'enregistrements lacustres et cavernicoles. Les objectifs sont d'identifier les impacts des variations climatiques sur les environnements dans la zone du Pacifique Sud-Ouest et de confronter les données des enregistrements continents aux données archéologiques et marines (enregistrements coralliens).

Les variations du climat liées au réchauffement global ont une forte incidence sur de nombreux aspects de la vie socio-économique (gestion des ressources, énergie, tourisme, catastrophes naturelles...). Plus marquée sur les pays de la zone intertropicale, qui sont aussi parmi les plus peuplés de la planète, elle sera aussi ressentie fortement par les pays insulaires du Pacifique. Dans l'objectif d'assurer un développement durable de ces régions sensibles, il est indispensable de caractériser la variabilité climatique à différentes échelles, spatiales et temporelles, et de l'intégrer à celle des mécanismes climatiques

globaux (El Niño/Southern Oscillation, phénomènes de mousson, circulation thermique...). Le climat du Vanuatu, tout comme celui de Nouvelle-Calédonie, est soumis à la variabilité du phénomène ENSO et aux aléas cycloniques. La quantification de l'évolution future des changements climatiques et la validation de son impact sur l'environnement ne pourront se faire par le biais de modèles climatiques locaux ou globaux, qu'en intégrant aux données historiques des données à haute résolution spatiale et temporelle, issues des archives sédimentaires, qui renseignent sur les paléo-environnements et la paléoclimatologie. C'est ainsi qu'une meilleure compréhension et gestion des interactions entre le climat et la biosphère seront possibles. Ce complément d'informations est nécessaire car les données instrumentées modernes couvrent des échelles de temps trop brèves pour aborder la variabilité climatique multi-décennale à centennale, alors que celle-ci joue un rôle primordial sur les conditions environnementales récentes.

Enfin cette mission a pour but de rationaliser les informations paléo-environnementales et paléo-climatiques obtenues en Nouvelle-Calédonie. Pour ce faire nous souhaitons échantillonner et prospector certaines zones privilégiées de sédimentation du Vanuatu (lacs, marécages et grottes) afin d'obtenir de nouveaux enregistrements à haute résolution. Trois secteurs potentiels sont retenus : - Etate, où de nombreuses petites dépressions remplies d'eau sont identifiables sur les cartes topographiques. - Tanna afin de caractériser dans la plaine d'inondation au pied du volcan Yasur et dans l'ancien fond du lac de barrage qui s'est vidangé lors de la dernière éruption. - Santo/Malo, où J.-C. Galpaud (archéologue à l'IRD Nouméa) va poursuivre des fouilles archéologiques. Enfin cette mission sera aussi l'occasion de faire une reconnaissance sur les Banks où J.-C. Galpaud a également initié des travaux de fouilles archéologiques.



Wirrmann Denis

Anne-Marie Sémah et Denis Wirrmann, scientifiques de l'IRD, basé en Bondy (Île de France, France) and Nouméa (New Caledonia), respectively, conduct a field trip in Vanuatu since 3 months. The objective of this mission is to prospect and to sample various lakes, swamps, and caves. The final aim is to retrieve valuable sedimentary archives for studying the past Vanuatu environmental changes in relationship with the climate variations along the last millennium and compare the results with those obtained in New Caledonia.

In the South Pacific, as it has been recognized in other parts of the world, global climatic variations shaped the paths and timing of human settlement. Nowadays, climate change (i.e. global warming) is well established as a potential threat to biodiversity and the services and benefits that people gain from ecosystems. The analysis of environmental and archaeological

data from several sites in Remote Oceania suggests that spatial variability and episodic climatic perturbations (i.e. the El Niño/Southern Oscillation) played a primary role in the development of competitive settlement strategies in prehistory. A better knowledge of the interactions between natural ecosystems and human changes in subsistence and settlement due to population growth and changes caused by natural environmental disturbance must be disentangling. However, these changes are as yet poorly quantified, especially at a regional level, and better predictive ability is needed. Hence, further study of the past cultural adaptations to persistent climate change may provide valuable perspective on possible responses of modern societies to future climate change. They are required while modern instrumental records are too short to resolve multidecadal- to century-scale climate variability that we know to exist from detailed tree-ring, coral, speleothem and lake sediment records spanning the last millennium.

The final aim of this research is to provide regional-scale paleoclimate data to improve

our understanding of possible future climate change by improving our knowledge of the range of past climatic variations. These data will be used by the climate models to improve climate change mitigation and management strategies. The palaeo climate data will be extracted from a multi-proxy studies (sedimentary analysis, geochemistry, palynology, geochronology) of the terrestrial records taken in several potential sites (lakes, swamps, caves) from Vanuatu. The main prospecting and sampling sites will be : - Etate Island where numerous water filled depressions are recognized on the topographic maps. - Tanna Island with the flood plain down slope of Yasur volcano. - Santo/Malo and the Banks where our colleague J.-C. Galpaud (archaeologist, IRD) has prospected several sites.

Information transfer to national and international palaeo climate change scientists will occur through the publication of scientific papers and conference presentations. We will also produce popular articles for a general audience.

c

a/ Conférence à l'AUF (étudiants Ni Vanuatu et enseignants du Lycée français de Port-Vila)

b/ Article dans l'Indépendant du 23 octobre 2005 à propos de la conférence

c/ Article dans ZéroVatu du 2 décembre 2005, n° 20, p. 6.

ANNEXE 4 - Liste des échantillons prélevés

Éfaté TFER marais Emaotfer KNAR lac aux Canards EROÏTI lac Enam Lep
OTA lac Otas

Tanna YASUR volcan Yasur

Espiritu Santo PJOL marais Pierre Joli, Waérowa MANA Orivière Manao
FAP grotte Fapon

Carottes, tubes en aluminium contenant des sédiments lacustres/marécageux :

ÉFATÉ

TFER 01: parking point GPS: 17°47'14.2'' S / 168°23'52.8'' E; altitude 18 m

TFER 02: entrée du marécage

point GPS: 17°47'15.4'' S / 168°23'58.0'' E; altitude 16 m

TFER 03: 380 cm

point GPS: 17°47'15.1'' S / 168°23'59.0'' E; altitude 23 m

TFER 04: 300 cm

point GPS: 17°47'15.3'' S / 168°24'00.6'' E; altitude 26 m

TFER 05: 300 cm

point GPS: 17°47'14.6'' S / 168°24'01.4'' E; altitude 26 m

TFER 06: 482 cm (TFER 06A+ TFER 06B = 2x 240 cm)

point GPS: 17°47'14.4'' S / 168°24'01.6'' E; altitude 26 m

KNAR 01: 108 cm

point GPS: 17°44'00.5'' S / 168°24'42.7'' E; altitude 131 m

KNAR 02: 104 cm

OTA 1: 72 cm

point GPS : 17°41'54.2'' S / 168°35'09.0'' E, altitude 10 m

OTA 2C+TOPB: 213 cm (182+31 cm)

OTA 2TOPA: **bocal, 'gelée' de l'interface eau-sédiment**

OTA 3:

point GPS : 17°41'44.3'' S / 168°34'59.5'' E; altitude 14 m.

OTA 4: point GPS: 17°41'41.8'' S / 168°35'03.1'' E; altitude 12 m

OTA 4-1: 86 cm

OTA 4-2: 160 cm

Echantillons prélevés à la tarière :

ÉFATÉ

IROITI

point GPS : 17°48'10.5'' S / 168°28'59.0'' E, altitude 15 m, Point 41

0-18 cm terre

18-20 argile blanche

20-30 (28-30) argile blanche

limite vers 47 cm

30-50 (48-50)	argile beige
50-64 (62-64)	argile beige et rose
64-79 (77-79)	argile beige à blanche, petit gastéropode marin
79-95 (93-95)	sable de plage blanc avec des zones roses 'gélatineuses', niveau de l'eau à 80 cm
95-107 (105-107)	sable blanc, aspect toujours gélatineux
107-125 (115)	argile plastique blanche, sable blanc coquillier grossier après 119 cm

TANNA

YASUR 1 point GPS : 19°31'21.8'' S / 169°25'57.3'' E; altitude 56 m
de 0-20 cm décapé (sol superficiel, herbe, racines)

- 1/ 20-40 cm soit 35-40 cm, vase très noire, cendreuse, 5Y 2.5/1
- 2/ 40-65 cm soit 60-65 cm
- 3/ 100-105 cm
- 4/ 120-125 cm
- 5/ 140-145 cm
- 6/ 160-165 cm
- 7/ 180-185 cm
- 8/ 200-205 cm

YASUR 2 point GPS : 19°32'04.0'' S / 169°25'54.0'' E; altitude 68 m
0-8 cm, échantillon de surface

- 1/ 15 cm terre
- 2/ 22 sable, cendre
- 3/ 30
- 4/ 40 cendre noire à la base
- 5/ 49 sable cendre marron à rouge
- 6/ 60 sable cendre noir
- 7/ 68 sablo cendreux
- 8/ 78 sablo cendreux
- 9/ 83 sablo cendreux
- 10/ 97 sablo cendreux
- 11/ 102 changement, plus argileux
- 12/ 112
- 13/ 118
- 14/ 124
- 15/ 135
- 16/ 150
- 17/ 170
- 18/ 175
- 19/ 185
- 20/ 195
- 21/ 205

On creuse autour pour continuer

- 22/ 220
- 23/ 231
- 24/ 240
- 25/ 252
- 26/ 260

- 27/ 270
- 28/ 280
- 29/ 290
- 30/ 298
- 31/ 300
- 32/ 310
- 33/ 317, argile sablo cendreuse 'humide' noire

ESPIRITU SANTO

PJOL

point GPS: 15°35'39.4'' S / 169°04'45.3'' E; altitude 28 m.

20 à 30 premiers centimètres décapés

PJOL Surface

À chaque sortie de tarière, on prélève les 2 cm de sédiment de la base

PJOL 0-14 (12-14)

PJOL 14-29 (27-29)

PJOL 29-58 (56-58)

PJOL 58-74 (72-74)

PJOL 74-79 (77-79)

PJOL 79-93 (91-93)

PJOL 93-106 (104-106)

PJOL 106-120 (118-120)

PJOL 120-125 (123-125), tarière bloquée à 125 cm

Echantillons d'eau de sub-surface :

ÉFATÉ

L'annexe 5 présente les résultats des analyses correspondantes

KNAR - 1 bouteille et un flacon

OTA - 1 bouteille et un flacon

Échantillons de sédiments en sachets plastiques :

ÉFATÉ

VEFMOUS01

Cascade Lololima

TFER03 base

TFER03 surface

TFER04 pollen

TFER04 datations

TFER04 surface

TFER05 pollen

TFER05 datations

TFER05 surface

TFER06B bouchon végétal

TFER06B datations
TFER06B bordure organique
TFER06B sommet (240-241)
TFER06A base (239-240)

KNARS1 surface
KNAR01 base
KNARS2 surface
KNAR02 base

OTA1 base corail
OTA1 sommet
OTA2C base organique *en place*
OTA2C base

141005-1, mousse et lichen
OTA3, 151005 OTA3/1
OTA3, 151005 OTA3/2
OTA4-2 base

ESPIRITU SANTO

MANAO

Rivière Manao point GPS: 15°34'13.2'' S / 166°56'49.5'' E ; altitude 35 m
Prélèvement de charbon et de bivalve pour datation
Prélèvement de sédiment pour pollen

Échantillons de spéléothèmes :

Grotte Fapon - Butmas
FAP 1, petite stalagmite
FAP 2, moyenne stalagmite
FAP 3, grande stalagmite
FAP 4, petite stalactite pour test pollinique

Naeopan
point GPS: 15°35'33.5'' S / 167°06'00.0'' E ; altitude 24 m
Pas de prélèvements

ANNEXE 5 – Résultats d'analyses
Laboratoire des Moyens Analytiques, IRD Nouméa

Analyses réalisées en novembre 2005

CATIONS

Référence	Ca	Mg	Na	K	Al	Ba	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	S	Si	Sr	P	Zn
échantillon	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l							
KNAR	3,03	0,75	4,92	0,97	217	12	0	1	12	254	9	0	0,6	0,86	14	44	7
Lac OTAS	30,37	23,59	83,10	5,24	137	7	0	1	6	59	7	0	4,8	3,82	792	44	13

ANIONS

Référence	Cl	SO4	NO3	PO4
échantillon	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
KNAR	9,61	0,94	0,00	0,00
Lac OTAS	13,70	1,27	0,00	0,00

Analyses réalisées en janvier 2006 :

sur le résidu sec (33 mg) obtenu à partir de 2 g de gelée "fraîche" séchée à 100°C. Avant l'analyse, attaque HCl/HNO₃/H₂O₂, puis jaugeage à 50 ml avec eau milliQ.

lecture ICP

	mg/L	g/kg
Al	17,52	26,55*
Ca	21,25	32,19
Cr	0,000	0,00
Fe	4,929	7,47
K	0,873	1,32
Mg	5,286	8,01
Mn	0,063	0,096
Ni	0,016	0,024
P	0,492	0,745
Cu	0,078	0,119
Na	6,115	9,27
Si	3,468	5,26
Zn	0,088	0,133
Co	0,003	0,005

* le contenu très élevé en Al est probablement dû à une pollution causée par le mode de prélèvement de la carotte. En effet, le conditionnement/récupération de la carotte lors du sciage du tube entraîne la formation de fine limaille d'aluminium qui peut se retrouver dans l'échantillon sous-jacent au niveau de coupe.

ANNEXE 6 – Liste des plantes échantillonnées

VEF=Vanuatu **Éfaté** VATA= Vanuatu **Tanna** VASAN= Vanuatu **Espiritu Santo**

Nom	Date	Description/lieu
VEF01	11/09	Tamanu on the beach
VEF02	14/09	fleur blanche Hibiscus Motel
VEF03	14/09	Navele, <i>Barringtonia</i>
VEF04	16/09	TFER01 – fleur jaune
VEF05	16/09	TFER01 – Juncaceae1
VEF06	16/09	TFER01 – Juncaceae2
VEF07	16/09	TFER01 – Nympheaceae
VEF08	16/09	TFER01 - fougère
VEFMOUS01	20/09	Lololima, cascade
VEF09	22/09	TFERNord, fleur jaune1
VEF10	22/09	TFERNord, fleur jaune2
VEF11	22/09	TFERNord, Convolvulaceae
VEF12	22/09	TFERNord
VEF13	22/09	TFERNord, fleur blanche
VEF14	22/09	TFERNord, fruit rouge
VEF15	22/09	TFERNord, fruit orange
VEF16	22/09	TFERNord, épi blanc
VEF17	02/10	route de Mele, légumineuse
VEF18	02/10	Secret garden, frangipanier de bord de mer (<i>Cerbera</i>)
VEF19	02/10	Secret garden, <i>Crescentia cujete</i>
VEF20	04/10	Jardin botanique, Scrophulariaceae
VEF21	04/10	Jardin botanique, frangipanier de bord de mer (<i>Cerbera</i>)
VEF22	04/10	Jardin botanique, <i>Allamanda</i>
VEF23	04/10	Jardin botanique, « paradis »
VEF24	05/10	côte est, rampante de bord de mer
VEF25	05/10	côte est, fleur blanche
VEF26	07/10	lac aux canards, fleur orange
VEF27	07/10	lac aux canards, liane à fleurs bleues
VEF28	07/10	lac aux canards, liane à petites fleurs blanches
VEF29	24/11	hauts Téouma, <i>Elaeocarpus</i>
VEF30	24/11	hauts Téouma, <i>Castanospermum australe</i>
VEF31	24/11	hauts Téouma, <i>Astronidia</i> , Melastomataceae
VATA01	31/10	<i>Datura</i> de bord de mer, plage Friendly
VATA02	01/11	Yasur, petite plante de rivière
VASAN01	07/11	chez Kevin, fleur d' <i>Artocarpus</i> (arbre à pain)
VASAN02	15/11	Naonepan, petite fleur blanche
VASAN03	15/11	“ fleur blanche en épi
VASAN04	15/11	“ Nympheaceae VEF07
VASAN05	15/11	“ fleur jaune orange
VASAN06	15/11	“ arbre fleur jaune sur tige
VASAN07	15/11	“ Cyperaceae
VASAN08	15/11	“ arbre petites fleurs blanches
VASAN09	15/11	lac marin, grande fleur blanche
VASAN10	17/11	île Thion, Santalaceae

ANNEXE 7 – Le projet 'Santo 2006'



La diversité dans tous ses états, du battant
des lames au sommet des montagnes

Présentation du projet

Résumé

Contexte général

Pourquoi le Vanuatu, pourquoi Santo ?

Programme scientifique

Moyens mobilisés

Formation, implication des partenaires locaux, restitution des résultats

Enseignement et diffusion des connaissances

Institutions

Budget

Calendrier



Résumé

SANTO 2006 est une expédition scientifique destinée à dresser l'inventaire de la flore et de la faune des milieux terrestres et marins d'une grande île montagneuse du Pacifique Sud: Espiritu Santo (ou Santo), au Vanuatu. Plus d'une centaine de spécialistes venus d'une quinzaine de pays seront impliqués sur le terrain sur une période de 5 mois entre août et décembre 2006. Une attention particulière sera apportée à l'implication des partenaires locaux, à la restitution de l'information pour le développement durable, à l'éducation environnementale.

Par sa superficie et son relief, Santo et ses franges marines présente une palette d'habitats qui sont restés quasiment inexplorés jusqu'à nos jours. Cette diversité écologique et sa position au sein des grands archipels mélanésiens font de Santo une île d'une grande diversité biologique dont l'essentiel de la flore et de la faune reste à découvrir, en particulier dans les groupes "méga-divers" comme les insectes ou les mollusques marins. Eloignée des grandes aires de développement économique et épargnée par l'uniformisation globale qui affecte la planète, Santo est aussi une île d'une exceptionnelle diversité culturelle et linguistique.

L'exploration concernera tous les habitats de l'île (grands fonds marins, récifs, grottes, eaux douces, montagnes, canopées forestières). L'impact de 2500 ans de présence humaine sur la biodiversité indigène sera également abordé. Des moyens exceptionnels seront déployés, tant au plan humain (plongeurs, spéléologues, grimpeurs professionnels, ethnologistes...) que matériel (navire océanographique, "arboflisseur"...).

Contexte général

Crise de la biodiversité. Un slogan médiatique ou une réalité scientifique ? Comme pour le changement climatique, les messages envoyés par les chercheurs paraissent parfois contradictoires. D'un côté, les tropiques constitueraient des réservoirs extraordinaires d'espèces inconnues; de l'autre, le taux d'extinction des espèces serait le plus élevé du monde dans les régions tropicales. En fait, des questions fondamentales restent encore sans réponse pour saisir les enjeux, l'ampleur et les conséquences de la perte de biodiversité.

Deux équipes de chercheurs français, qui ont acquis un savoir-faire internationalement reconnu pour la mise en œuvre de très grandes opérations d'échantillonnage de la biodiversité, mettent leurs compétences en commun pour apporter des éléments de réponse à ces questions en proposant un projet d'étude de tous les compartiments de la biodiversité d'une île du Pacifique Sud.

Les porteurs de ce savoir-faire, Philippe Bouchet pour la biodiversité marine, Bruno Corbara et Olivier Pascal pour la canopée des forêts tropicales, ont jusqu'ici monté séparément bon nombre d'expéditions qui ont remporté un succès tant scientifique que médiatique. Par ailleurs, le milieu souterrain constitue un autre domaine de l'exploration de la biodiversité, et des spéléologues français, également grands organisateurs d'expéditions difficiles, sont associés au projet.

Que ce soit pour des raisons scientifiques de logistique, de relations avec les pays hôtes ou de visibilité des projets, la mise en œuvre d'une très grande opération collective permet des économies d'échelles et d'envoyer un message fort

Quel est ce message ?

- *La biodiversité est infiniment plus grande que ce qui était imaginé il y a seulement 20 ans ; il reste encore des millions d'espèces à découvrir. Mais, en même temps,*

Les menaces qui pèsent sur Santo sont cependant réelles : Dans la liste des petits états insulaires particulièrement menacés par les changements climatiques en cours, l'archipel du Vanuatu occupe bien involontairement une des toutes premières places. Comme d'autres îles, particulièrement vulnérables aux modifications du climat, Santo subira directement les conséquences de l'aggravation de phénomènes climatiques violents et des changements annoncés dans le régime des pluies. Les conséquences sur sa faune et sa flore sont difficiles à estimer, mais des modifications sont à prévoir, particulièrement sévères pour les forêts d'altitude.

L'acquisition simultanée de données biologiques représentatives des différents milieux de Santo servira ainsi de référence aux évaluations ultérieures et au suivi des modifications subies au niveau régional.

Programme scientifique

Le programme scientifique comprend 4 grands "modules" organisés autour des moyens de prélèvements, et un thème transversal "ethnoscience" commun à tous les modules. Les relevés concerneront tous les habitats de l'île (grands fonds marins, récifs coralliens, grottes terrestres et marines, forêts côtières et de montagne, rivières).

Au delà de la diversité des milieux qui seront explorés et des taxons qui seront étudiés, les objectifs des 5 modules sont sous-tendus par les mêmes grandes questions : Quelle est la dimension réelle de la biodiversité dans ses compartiments les plus divers et dans les milieux les plus riches ? Quel est le poids des espèces rares dans la composition des peuplements ? Quelle est la dimension spatiale de cette biodiversité, ou autrement dit quelle est la représentativité des sites à l'échelle écorégionale ?

Pour répondre à ces questions, la démarche scientifique de SANTO 2006 poursuit et unifie les objectifs de deux missions récentes organisées par trois des acteurs du projet, PANGLAO¹ aux Philippines et IBISCA² au Panama. A l'égal de Panglao, pour Mollusques et crustacé, IBISCA (Inventaire de la Biodiversité des Insectes du Sol et de la Canopée, parrainée par le prof. E O Wilson de l'Université de Harvard, est l'étude la plus complète de la biodiversité des invertébrés d'une forêt tropicale.

A l'exception des oiseaux la découverte de nouvelles espèces est, sans aucun doute, attendue dans tous les groupes animaux et végétaux, et cette "exploration" de la biodiversité constitue l'un des objectifs du projet. Sur cet objectif, certes classique, SANTO 2006 est surtout innovant par la diversité des moyens d'échantillonnage mis en œuvre, et la dimension des équipes déployées, sur place pendant la mission, et au laboratoire après la mission.

Il importe que l'état des lieux qui sera dressé en 2006 puisse servir de référence pour le suivi à moyen et long terme de l'évolution des faunes et des flores. Les modifications à venir concerneront au moins autant la raréfaction et la disparition d'espèces indigènes, que l'introduction et l'établissement d'espèces exogènes. Nous nous attacherons donc autant à inventorier ce qui est présent qu'à établir, autant qu'il est possible, ce qui ne l'est pas encore.

¹ PANGLAO : mission de recherche en biodiversité marine, organisée par le MNHN en 2004.

² IBISCA : mission de recherche sur la canopée d'une forêt tropicale, organisée par le Smithsonian Tropical Research Institute et Pro-Natura en 2003.

Module "Biodiversité marine"

(Coordination: Philippe Bouchet, Claude Payri, Bertrand Richer de Forges) : 50-60 participants.

Les opérations conduites précédemment en Nouvelle-Calédonie (1993, 2000), à Rapa (2002) et aux Philippines (2004) ont montré l'efficacité de l'étude intensive d'un seul site. Le site retenu pour SANTO 2006 est situé autour de Luganville et offre une mosaïque d'habitats allant de la mangrove d'estuaire aux grandes profondeurs en passant par les récifs. Ce module fonctionnera avec un groupe basé à terre, où sera installé un laboratoire au Maritime College pour le tri, l'observation et les fixations. Le navire océanographique *Alis* servira pour emmener quotidiennement de petits groupes faire des prélèvements. Sur un total de 10 semaines sur zone, 4 seront consacrées aux poissons et aux algues, 4 aux petits invertébrés benthiques des formations littorales et récifales (0-120 m), et 2 autres aux communautés profondes (100-1000 m).

Pour la partie littorale et récifale, trois approches seront simultanément mises en oeuvre:

- (1) approche "inventaire qualitatif" (45 personnes), utilisant en particulier suceuse, paniers de brossage et récoltes à vue sur le littoral et en plongée, avec quatre taxons cibles: poissons, algues, mollusques et crustacés décapodes.
- (2) approche "quantitative" (3 personnes), utilisant en particulier benne, quadrats et transects.
- (3) approche "Rapid assessment" des ONG de conservation (nombre de personnes encore en discussion).

La partie "grands fonds" sera organisée autour de la campagne SANTOBOA, qui aura pour objectif l'étude des communautés biologiques associées aux substrats organiques coulés, bois en particulier.



Le N.O. Alis, basé à Nouméa, servira à l'inventaire de la Biodiversité marine

Module "Forêts, Montagnes et Rivières"

(Coordination : Bruno Corbara, Philippe Keith, Jérôme Munzinger) : 40 50 participants.

La diversité n'a pas seulement une dimension écologique, elle a également une composante géographique. Un bon échantillonnage de la faune et de la flore des milieux

terrestres nécessite de trouver un compromis entre prospection légère d'un nombre élevé de sites et prospection approfondie d'un ou de quelques sites.

Si l'on échantillonne intensivement les invertébrés marins du site de Luganville, on peut espérer recueillir 70% des espèces présentes à Santo. En revanche, l'échantillonnage des poissons du Jourdain ne permettra probablement de ne recueillir que le quart des espèces endémiques de poissons d'eau douce. Même remarque pour la végétation d'altitude, les escargots, ou la faune terrestre de la frange maritime, dont on sait qu'un échantillonnage approprié nécessite de couvrir un grand nombre de stations sur l'île entière. En particulier, la chaîne de montagnes s'étendant du Pic Santo et du Tabwemasana à la péninsule du Cumberland nécessite de longues marches prospectives.

A côté des plantes et des vertébrés terrestres, groupes "phares" dans l'évaluation du potentiel de conservation des espaces naturels, l'expédition évitera de faire l'impasse sur les compartiments jusqu'ici peu explorés des forêts tropicales : champignons, algues, lichens, mousses, insectes et autres arthropodes, mollusques, etc. Les milieux non forestiers seront également abordés : poissons et invertébrés d'eaux douces, arthropodes des sables côtiers, par exemple.

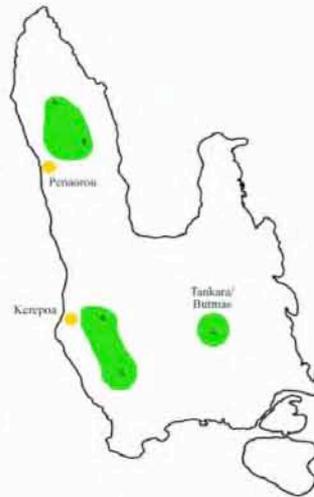
La prospection approfondie se concentrera sur 2 voire 3 sites, dans les zones montagneuses les plus naturelles car les moins connues, couvrant un gradient d'altitude des versants les plus bas à la forêt rabougrie (1500-1800 m). Le déploiement de moyens lourds d'étude de la canopée - notamment l'arboglisser - permettra un échantillonnage de toutes les strates de la forêt, depuis la faune du sol jusqu'au sommet des arbres. Le taxon cible sera celui des insectes, suivant la stratégie et les objectifs déjà éprouvés lors de la mission IBISCA (2003-2005) au Panama.

Ce module complexe mobilisera 40 à 50 personnes, qui disposeront localement de camps de base pour les besoins domestiques et les travaux de laboratoire (tri léger, observation, fixations des organismes récoltés, extraction de la faune de la litière).

Des missions de reconnaissance ont fait ressortir 3 régions sur lesquelles nous concentrerons nos efforts de prospection :

- 1) Les hauts du massif volcanique du Tabwemasana-Santo, accessibles du village de Kerepoa.
- 2) La région surplombant le village de Penaoru, où se trouve une forêt de kaoris probablement unique dans le Pacifique Sud.
- 3) Le secteur du Butmas – Tankara au centre de Santo qui possède la plus belle forêt sur sol calcaire.

Si cela est nécessaire des prospections plus légères lors d'excursions de 2 à 5 jours, pourront être effectuées ailleurs : à l'Est de Santo, en particulier sur la zone protégée de Vathe, le bassin de la Sarakata et à l'Ouest de Santo, dans les zones calcaires près de Tasmate et à la pointe du cap Cumberland.



L'Arboglisser, un nouvel engin pour l'inventaire de la biodiversité

Module "Karst"

(Coordination : Louis Deharveng, Anne-Marie Sémah) : 12 biologistes; 6 non biologistes.



Les cavités souterraines sont bien connues pour héberger des formes de vie particulièrement originales, dont des espèces reliques héritées d'anciens environnements climatiques. L'âge géologique et l'isolement de Santo laissent supposer un haut niveau d'endémisme. De plus les environnements karstiques sont de bons enregistrements de traces d'occupation humaine et de paléoenvironnements, que ce soit dans les grottes (spéléothèmes : stalactites et stalagmites, remplissages) ou en surface (bassins lacustres ou marécageux de type doline), et permettent de reconstituer les modifications du milieu (couvert végétal, climat, sols) durant les derniers milliers d'années.

La partie Est de Santo est constituée d'un karst massif percé de cavités : grottes, trous bleus, grottes anchialines (au contact lentille d'eau douce / mer). Aucune de ces cavités n'a encore été prospectée par les biologistes. Une mission de repérage, s'appuyant sur le savoir local, a recensé les cavités connues,

évalué l'étendue des réseaux, et recueilli les informations sur les conditions de leur accès.

Au cours de l'expédition SANTO 2006 proprement dite, trois groupes travailleront en parallèle, le premier explorant les cavités et réseaux non inondés, le second explorant en plongée les réseaux inondés et les grottes anchialines, le troisième échantillonnant par sondages en tranchées et par carottages les différents dépôts sédimentaires. Les sols de surface et la faune interstitielle aquatique seront échantillonnés pour mieux comprendre le mode de colonisation du milieu souterrain de l'île.

Les participants du module Karst auront pour base principale les locaux du CETRAV près de Luganville et feront des déplacements quotidiens ; en cas de nécessité, des bivouacs légers seront installés sur place.

Module "Friches et aliens"

(Coordination : Michel de Garine, Michel Pascal) : 8-10 participants.

Les milieux transformés par l'homme (champs, friches, bords de route...) sont en général négligés, voire même méprisés, par les naturalistes qui, lorsqu'ils inventorient une île comme Santo, se focalisent sur les milieux les plus naturels possibles. Or lors d'une introduction, volontaire ou accidentelle, les espèces introduites s'installent d'abord dans les milieux fortement perturbés où leurs effectifs démographiques se consolident avant une phase d'expansion vers les milieux moins perturbés. Pouvoir à l'avenir mesurer les changements qui surviendront dans la biodiversité de Santo suppose que l'état des lieux qui sera dressé en 2006 dresse également le bilan de la faune et de la flore introduites. Le module "Friches et aliens" aura donc pour objectif d'inventorier les milieux perturbés et transformés par l'homme afin de mesurer la charge d'espèces allochtones, y compris potentiellement invasives, déjà présente sur place. La structure génétique des



populations locales de ces espèces permettra de proposer des hypothèses sur l'origine des introductions. Les savoirs locaux seront également croisés avec l'information scientifique pour cerner la place et la dynamique de ces espèces dans les écosystèmes naturels et modifiés de Santo.

Deux secteurs seront plus particulièrement étudiés : la région la plus touchée, le Sud-Est de Santo, autour de Luganville, où les plantations et les zones d'élevage ont transformé les paysages depuis déjà plus de 100 ans, constitue la porte d'entrée des introductions (port, aéroport). Moins touchée, Vathe Conservation Area, désormais mosaïque de végétation naturelle et secondaire, sera probablement la seconde zone étudiée.

Module transversal "Perceptions culturelles de la biodiversité"

(Coordination : Florence Brunois, Pierre Cabalion, Elsa Faugère) : 10 participants.

La connaissance de la biodiversité n'est pas une "vérité révélée". Pour les habitants de l'île, c'est le fruit d'un héritage oral de leurs ancêtres et de leur expérience personnelle, mettant l'accent sur la flore et la faune importantes pour la survie et le bien-être de la communauté.

Pour les chercheurs étrangers, la connaissance de la biodiversité est le résultat d'un apprentissage à travers la littérature scientifique et d'un questionnement sur les mécanismes de l'évolution, les modèles biogéographiques et les systèmes écologiques. Cela nécessite des séjours de quelques semaines sur le terrain suivis de mois voire d'années de confrontation : observations / informations recueillies - littérature et / ou collections de référence.

La réussite des politiques de conservation et des stratégies de gestion dépend de l'alliance harmonieuse des deux approches. La gageure est que les deux groupes sont de milieux culturels différents et ne parlent pas la même langue.

Les populations locales peuvent estimer les espèces végétales et animales leur servant de nourriture ou possédant une valeur symbolique, même si celles-ci sont allochtones, alors que les chercheurs accordent plus d'importance à une espèce endémique rare, même peu connue des habitants. Ces différences de perception seront prises en compte par les ethnologistes de l'expédition en collaboration avec les partenaires du Centre Culturel du Vanuatu travaillant avec les groupes des différents modules.

Dans ce thème nous chercherons également à savoir comment, historiquement, les connaissances sur la biodiversité de Santo en particulier et du Vanuatu en général ont été acquises, soit grâce à des particuliers, collectionneurs voyageurs ou résidents, soit grâce à un travail d'équipe programmé ; il s'agira aussi de dresser la carte des institutions où, dans le monde, sont conservées les collections issues de ces travaux : muséums, herbiers ou autres institutions de recherche. Une bibliographie appropriée sera numérisée et mise à la disposition du gouvernement du Vanuatu.

Moyens mobilisés

Les moyens envisagés pour SANTO 2006 sont exceptionnels, qu'ils soient matériels (bateau de recherche océanographique, "Arboglisser") ou humains (outre les scientifiques : des plongeurs, des spéléologues et grimpeurs professionnels, soit au total plus de 100 participants).

Ensemble ils permettront une approche globale de la flore et la faune de l'île et de ses franges marines, depuis les récifs coralliens jusqu'à la cime des arbres, en passant par les grottes (terrestres et marines) et les milieux d'eau douce.

Le navire de recherche océanographique *ALIS* de l'IRD sera mis à contribution pour l'inventaire des fonds marins et du récif.

Son équivalent terrestre, l'Arboglisser, interviendra pour explorer la canopée et permettre aux biologistes embarqués d'y prélever des échantillons.

Le "logement scientifique" (laboratoire, traitement préliminaire des échantillons, communication, etc...) sera fourni par deux infrastructures de Luganville : Le Maritime Collège de Vanuatu pour le module "Biodiversité marine" ; Le Centre Technique et de Recherche Agronomique du Vanuatu (VARTC) pour les modules "Karsts" et "Friches et aliens".



Un camp de base sera construit près du village de Penaoru, il servira de base technique à l'arbofleisseur et de base domestique et scientifique aux participants. Un bivouac sera mis en place à environ 1200 m d'altitude pour aider les chercheurs explorant les zones montagneuses dominant le village de Kerepoa.



Centre Technique
et de
Recherche Agronomique
du Vanuatu

Formation, implication des partenaires locaux, restitution des résultats.

L'opération SANTO se veut exemplaire dans le cadre des obligations éthiques et politiques d'un pays du Nord (la France) vis à vis d'un pays du Sud ancienne colonie (ex condominium franco-britannique des Nouvelles-Hébrides). La Convention internationale sur la Diversité Biologique prévoit en particulier un "partage des bénéfices" liés à la connaissance de la biodiversité, et la Global Taxonomic Initiative de cette convention tente de réduire le déficit entre richesse en espèces et ressources intellectuelles dans les pays tropicaux en développement. Pendant et après l'expédition, une attention particulière sera portée à la formation, à l'implication des partenaires locaux et à la restitution de l'information.

Pendant l'expédition, le maximum sera fait pour la participation des cadres et des techniciens locaux spécialistes de biodiversité ainsi que des étudiants à toutes les étapes du projet (terrain, collection, analyse des données...).

A la fin de l'expédition, l'équipe du projet remettra au gouvernement du Vanuatu des collections de spécimens biologiques, en particulier, des plantes (au Forest Dept), des poissons (Fisheries), des vertébrés fossiles (Cultural Centre) et des insectes (Service de la Quarantaine).

Après l'expédition, la formation du personnel et des étudiants ni-Vanuatu sera poursuivie, en soutenant leurs candidatures pour des bourses et l'accès aux organismes de formation en France et en Nouvelle Calédonie.

Toutes les publications résultant du projet seront mises sur un site web spécifique, libres d'accès et téléchargeables. Des photos de sites, animaux et plantes observés et /ou collectés pendant le projet ainsi qu'une bibliographie sélectionnée des publications académiques historiques sur la biodiversité de Santo, seront également mises sur ce site.

Enseignement et diffusion des connaissances.

Le programme ambitieux d'exploration scientifique d'une île et d'un pays encore très mystérieux aux yeux du monde confère au projet SANTO 2006 un potentiel éducatif et médiatique important. Communication et vulgarisation ont des publics différents nécessitant une approche également différente.

Au Vanuatu, nous voulons créer de nouveaux outils pour les enseignants en sciences naturelles, écologie et géographie. Des contacts ont été pris avec l'Institut de formation des enseignants du Vanuatu (IFEV) et le Centre régional de documentation pédagogique (CRDP). Nous envisageons la publication fin 2007 d'un livre en 3 langues (Français, Anglais, Bichelamar) sur les résultats de l'expédition, destiné aux professeurs du Vanuatu, voire à l'ensemble de la population.

Hors du Vanuatu, nous allons utiliser le savoir faire d'Atom Productions, une agence parisienne qui a couvert, par exemple, les expéditions Lapérouse au Vanikoro et dont les productions TV et web pour grand public sont de haute tenue. Pro Natura International fera équipe avec Atom productions pour coordonner l'ensemble de la communication sur l'expédition.

La communauté scientifique a ses propres exigences, nous consacrerons une section spéciale du site web SANTO 2006 aux informations post expédition, aux images de sites, animaux et plantes observés et/ou récoltés pendant la mission. Nous prévoyons aussi la publication d'un ouvrage en anglais, semi grand public "*The Natural History and Ecology of Santo*", en direction des écotouristes et naturalistes en chambre.

Institutions.

Le projet a été présenté en mars 2005 au gouvernement du Vanuatu (Ministre des Terres, de la Géologie et des Mines ; Vice-Premier Ministre / Ministre des Affaires Étrangères ; Ministre des Finances ; Ministre de l'Agriculture ; Ministre de l'Intérieur), aux autorités de la province de SANMA (Santo/Malo), ainsi qu'à divers responsables des administrations en charge de l'Environnement, des Pêches, des Forêts et de la Culture. Tous les interlocuteurs ont réservé un excellent accueil au projet et se sont réjouis du choix du Vanuatu pour cette grande opération scientifique. Paul Telukluk, alors Ministre des Terres, a confirmé par lettre le soutien du gouvernement. Ce contact a été confirmé en octobre 2005 par Willy Jimmy l'actuel Ministre des Terres. Une convention (Mémorandum of understanding) dont la rédaction est en cours d'achèvement définit les principes directeurs du partenariat entre les institutions étrangères et le gouvernement du Vanuatu.

Institutions responsables du projet

- Le Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN).
- L'Institut de Recherche pour le Développement (IRD).
- Pro-Natura International (PNI). PNI est l'ONG organisatrice des missions du *Radeau des Cimes* depuis 1996, et a notamment comme objectif de promouvoir l'étude scientifique des canopées tropicales.
- Le Ministère des Terres du Gouvernement du Vanuatu.

Comité Directeur

Philippe Bouchet, Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris
Hervé Le Guyader, Université Paris 6 / IRD / CNRS / MNHN
Olivier Pascal, Pro-Natura International, Paris

Représentant du projet à Santo Rufino Pineda

Sur le plan scientifique, SANTO 2006 sera très largement ouvert à la communauté locale et internationale (autour de Geoff Boxshall à Londres pour les grottes ; de Peter Ng à Singapour, John Gray à Oslo pour la biodiversité marine et de Mick Clout à Auckland pour les espèces introduites) et nous envisageons que 40-60% des participants soient des scientifiques "étrangers".

Budget

Le budget de fonctionnement de SANTO 2006 est actuellement estimé à 1,2 million d'euros.

Le coût de déploiement du navire océanographique *Alis*, pris en charge par l'IRD, n'est pas comptabilisé dans le coût du projet non plus que le coût du personnel des organismes de recherche.

Le financement est recherché auprès des grandes entreprises. La *Fondation Total* et la *Fondation Niarchos* ont déjà confirmé leur soutien au projet et, ensemble, couvrent environ 60% des besoins. Le *Groupe Suez* (représenté au Vanuatu par UNELCO) est intéressé et *Telecom Vanuatu* a également indiqué sa contribution.

Des demandes de subvention sont étudiées par le Comité pour la Recherche et l'Exploration de la *National Geographic Society* et nous espérons un soutien gouvernemental français du *Fonds Pacifique*.

Calendrier

- *mars 2005* . Rencontre des autorités du Vanuatu et présentation du projet, au niveau du gouvernement et des administrations, de la province et de la ville de Luganville, et des autorités coutumières. Premiers repérages logistiques. Recrutement d'un représentant permanent local du projet à Luganville.
- *juillet - novembre 2005*. Mission de repérages pour le module "karst", pour l'infrastructure sur Ouest Santo et le déploiement de l'arboglisser.
- *Depuis août 2005*. Recrutement du représentant permanent du projet à Santo.
- *octobre - novembre 2005*. Suivi des contacts institutionnels.

Expédition SANTO sur le terrain : 5 mois entre août et décembre 2006 ; programme prévu :

août - octobre : Biodiversité marine.

septembre : Karst.

octobre : Friches et aliens.

août - novembre : Forêts, montagnes et rivières. Petits groupes.

10 nov. - 10 déc. : Déploiement de l'arboglisser.

Contacts

Philippe Bouchet pbouchet@mnhn.fr

Hervé Le Guyader hervé-le-guyader@snv.jussieu.fr

Olivier Pascal ol.pascal@freesurf.fr

Rufino Pineda learn@vanuatu.com.vu

Date du présent document : 13 mai 2005, mise à jour le 11 janvier 2006.

