

Évolution des paléoenvironnements dans le Pacifique lors de la dernière déglaciation : exemples en Nouvelle-Calédonie et au Vanuatu

par

Guy CABIOCH*, Denis WIRRMANN*, Anne-Marie SÉMAH**,
Thierry CORRÈGE*** et Florence LE CORNEC**

RÉSUMÉ

Plusieurs études paléoclimatiques et paléoenvironnementales (analyses de séries coralliennes et sédimentaires) ont été menées à terre et en mer au cours des deux dernières décennies, en Nouvelle-Calédonie et dans l'archipel du Vanuatu. Bien qu'encore inachevées, elles apportent des informations majeures sur la variabilité des environnements dans cette région du sud-ouest du Pacifique depuis le dernier maximum glaciaire : les importantes fluctuations du niveau marin et des températures de surface de l'eau de mer ont contribué à la mise en place des paysages maritimes et terrestres d'aujourd'hui et joué un rôle prépondérant dans les déplacements et les implantations des populations humaines insulaires.

MOTS-CLÉS : Nouvelle-Calédonie, Vanuatu, Quaternaire récent, Paléoenvironnements, carottes de corail, carottes lacustres/palustres

ABSTRACT

Several paleoclimatic and paleoenvironmental studies (analyses of coral and sedimentary sequences) were conducted on land and offshore during these two last decades in New Caledonia and Vanuatu. Although the analyses are still in progress, these preliminary data provide information on the environmental variability in the south-west Pacific since the last glacial maximum : the sea-level rise and the changes of sea surface temperatures contribute to the settlement of the modern marine and terrestrial environments. Moreover, all these changes may have played a major role in the settlement of the insular population.

KEYWORDS: New Caledonia, Vanuatu, Late Quaternary, Palaeoenvironments, coral cores, lacustrine cores

Les échanges entre l'océan et l'atmosphère au niveau des mers tropicales constituent un élément clé de la « machine » climatique globale. La convection atmosphérique au-dessus des eaux chaudes tropicales est en effet le processus majeur à l'origine du transfert de chaleur et d'humidité au profit des régions extra-tropicales et elle joue un rôle clé dans les mécanismes qui

sont à l'origine des changements climatiques, tant à l'échelle orbitale (cycles prévus par la théorie astronomique de Milankovitch, à 100 000 ans, 41 000 et 23 000 ans) que lors des changements rapides caractérisés par des refroidissements ou des réchauffements brusques de large amplitude encore appelés « excursions climatiques ». Ces excursions, essentiellement liées

* IRD centre de Nouméa, UR Paléotropique, denis.wirrmann@noumea.ird.nc.

** IRD centre d'Île-de-France, Bondy, UR Paléotropique.

*** IRD centre de Nouméa, UR Paléotropique et université de Bordeaux I, UMR EPOC, Talence.

à des variations environnementales régionales, ont une durée qui n'excède pas quelques millénaires, les phases de transition durant généralement moins d'un siècle.

Le déplacement, vers l'est le long de l'Équateur, de la masse d'eaux chaudes du Pacifique occidental (*Pacific Warm Pool*) (cf. figure 1 de l'article d'Anne Juillet-Leclerc, dans ce volume) sous l'effet du cycle « El Niño-Oscillation Australe » (cycle ENSO), apparaît donc comme l'agent principal responsable, aujourd'hui, de la variabilité climatique interannuelle pour la région indo-pacifique. Alors que les échanges océan/atmosphère actuels commencent à être bien appréhendés, leur fonctionnement passé et leur variabilité sont encore mal connus et les données les concernant restent éparpillées. Or, ces informations sont primordiales pour une bonne compréhension des mécanismes climatiques passés et leur modélisation, des données instrumentales n'ayant été recueillies de façon systématique que depuis la seconde moitié du xx^e siècle. Et ce n'est donc que grâce à des archives naturelles, dans le cas présent des dépôts sédimentaires lacustres, palustres ou de grottes (spéléothèmes) et des biocarbonates (coraux) que des séquences climatiques longues, aux échelles du siècle, du millénaire voire plus, pourront être reconstituées. À ce jour, les informations paléoenvironnementales relatives aux îles ou archipels du Pacifique restent encore fragmentaires (Méon et Pannetier, 1997 ; Hope *et al.*, 2004), notamment celles qui concernent la dernière déglaciation (transitions Holocène inférieur-Younger Dryas, Younger Dryas-Bølling/Allerød, Bølling/Allerød-Dernier Maximum Glaciaire). Les enregistrements obtenus à terre sont soit trop courts, soit insuffisamment précis pour décrire la variabilité climatique aux échelles de temps intermillénaires, alors que les carottes coralliennes à haute résolution (de l'ordre du mois) ne sont pas encore assez nombreuses ou sont encore insuffisamment calées chronologiquement.

Après le dernier maximum glaciaire, il y a 23 000-19 000 ans, la remontée du niveau marin de -120/-130 m au niveau actuel, due à la fonte des calottes polaires, s'est accompagnée de modifications de la pluviosité, de la circulation des vents et des températures de surface de la mer (SSR) dont les effets conjugués ont conduit à la modification des paramètres des environnements terrestres et marins. De plus, lors de cette fonte des calottes polaires, des événements rapides sont intervenus, comme des accélérations de la déglaciation, qui ont pu, eux aussi, avoir des incidences sur ces environnements. Parmi ces variations climatiques, celles qui ont eu lieu à

14 100 et 11 300 ans sont attribuées à une accélération de débâcles glaciaires (*Melt Water Pulse IA et IB*, respectivement *MWP-IA* et *MWP-IB*, Fairbanks, 1989 ; Bard *et al.*, 1996). À l'inverse un ralentissement de la remontée du niveau de la mer a été mis en évidence aux alentours de 8 200 ans (Bird *et al.*, 2007). La croissance récifale connaît un développement optimum entre les phases de remontée rapide du niveau marin, au cours desquelles et selon les régions, s'observe une recolonisation après les ennoissements dus à ces accélérations. Cependant, globalement dans la région Pacifique sud, le développement maximal des édifices récifaux et côtiers ne s'est produit qu'après la période du Younger Dryas (13 000-11 500 ans) et jusqu'au milieu de l'Holocène (6 000-4 000 ans). La baisse relative du niveau marin qui a suivi cette période (ca 3 500-3 000 ans) ainsi que la mise en place contemporaine des oscillations climatiques de type ENSO semblables en magnitude et fréquence à celles que nous connaissons aujourd'hui (Donders *et al.*, 2008), se sont traduites par un dernier tracé des ennoissements côtiers (Sandweiss *et al.*, 1999). Simultanément s'observe, de 3 300 à 2 800 ans, une expansion humaine rapide jusqu'en Océanie lointaine (Anderson, 2002). C'est ainsi que les variations climatiques et du niveau de la mer ont joué un rôle majeur dans les migrations des peuples océaniques.

Plus près de nous dans le temps, la dernière alternance « période chaude-période froide » connue dans l'hémisphère nord sous les termes de « Optimum climatique médiéval » (x^e-xiv^e siècles, cf. Mann, 2002) et de « Petit âge de la glace » (xvi^e-milieu xix^e siècles, cf. Mann, 2002a), n'est pas encore bien reconnue dans l'hémisphère sud, ni bien calée temporellement dans la zone intertropicale (Cobb *et al.*, 2003), bien qu'elle ait été mise en évidence en Nouvelle-Calédonie (Corrège *et al.*, 2001). Les températures de surface de l'eau de mer reconstituées pour cette période sont inférieures de 1,4°C par rapport à celles des trente dernières années.

L'archipel du Vanuatu et la Nouvelle-Calédonie sont situés respectivement à proximité immédiate et au sud de la bordure méridionale de la *Pacific Warm Pool* (cf. figure 4 de l'article d'Anne Juillet-Leclerc, dans ce volume). Dans ces deux pays, le régime des pluies reflète fortement l'index d'oscillation australe (*SOI* ou *Southern Oscillation Index*) qui reproduit les alternances entre phases El Niño et La Niña. Les années El Niño (*SOI* < 0) y correspondent à des périodes de sécheresse et les années La Niña (*SOI* > 0) à des conditions plus humides que la normale. Le climat de ces deux régions dépend en

premier lieu de la position de la zone de convergence du Pacifique Sud (ou *South Pacific Convergence Zone*, *SPCZ*), qui se rattache plus au nord à la Zone de Convergence Intertropicale (ou *Inter Tropical Convergence Zone*, *ITCZ*). Ces zones sont le lieu de convergence des alizés et sont caractérisées par des pressions atmosphériques basses et un fort taux de pluies convectives. Au Vanuatu comme en Nouvelle-Calédonie, le climat et ses variations sont donc tributaires en grande partie du régime des alizés, du cycle *ENSO* et du passage des dépressions tropicales estivales.

Cet article présente une synthèse des résultats récents acquis sur l'évolution des paléoenvironnements terrestres et marins (récifaux) en Nouvelle-Calédonie et au Vanuatu. À côté de la diversité des milieux d'où proviennent les archives sédimentaires utilisées, c'est la comparaison de leur contenu et leur analyse à haute résolution, qui permettent de reconstituer, pour les plus anciennes, les variations climatiques recherchées.

Matériel, méthodes et sites d'étude

Matériel et méthodes d'étude

Les résultats présentés dans cet article ont été obtenus à partir de carottages longs effectués dans des marécages et des lacs, pour les environnements terrestres, et des édifices coralliens pour les environnements marins. Les méthodes analytiques s'appuient sur des études sédimentologiques, paléoécologiques, paléontologiques, minéralogiques (diffractométrie X), géochimiques (isotopes de l'oxygène et du carbone et éléments traces), en complément des observations microscopiques, optiques (lames minces pétrographiques) et électroniques (morphoscopie et microsonde). Des analyses micropaléontologiques (pollens, diatomées, foraminifères, ostracodes) ont permis de reconstituer les flores (d'après leurs pollens) et les microflores et les microfaunes présentes dans les eaux. La chronologie a pu être établie, le plus finement possible, grâce à la datation par le carbone 14 pour les sédiments terrestres dont les âges sont présentés dans ce texte en ans calibrés BP (datations à l'accélérateur) et obtenus par datation Uranium/Thorium (*Thermal Ionization Mass Spectrometer*, *TIMS*) pour les coraux.

Sites d'étude

- En Nouvelle-Calédonie

Située entre 156° E et 174° E de longitude et 15° S et 26° S de latitude (figure 1), la Nouvelle-Calédonie est constituée d'un ensemble d'îles,

d'atolls et de plateaux coralliens. L'île principale, ou Grande Terre, d'orientation nord-ouest/sud-est, se prolonge au sud par l'île des Pins. Une chaîne montagneuse, pratiquement continue, forme une ligne de séparation des eaux le long du grand axe de la Grande Terre. L'orientation de cette chaîne combinée avec la circulation des alizés de secteurs sud-est contrôle la distribution des pluies, la côte ouest de la Grande Terre étant plus sèche que la côte est, au vent. La Grande Terre est la partie émergée de la chaîne sous-marine de Norfolk (Dupont *et al.*, 1975) séparant un bassin occidental dit de Nouvelle-Calédonie d'un bassin oriental dit des Loyauté. À l'est de la ride des Loyauté, formée des atolls soulevés de Maré, Lifou, Ouvéa et Beautemps-Beaupré et dont l'altitude décroît du sud au nord, se situe la fosse du Vanuatu où la plaque australienne plonge sous celle du Pacifique.

La Nouvelle-Calédonie possède un des plus vastes ensembles de récifs au monde, comprenant des récifs barrières longs de 1500 km, ceinturant la Grande Terre et se prolongeant vers le nord jusqu'au Grand Passage. Au-delà du lagon nord, un ensemble d'atolls constitue les récifs d'Entrecasteaux. La structure de cette barrière est aujourd'hui connue en partie grâce aux forages (figure 2) réalisés sur les îlots Ténia (Coudray, 1976) et Amédée (Cabioch *et al.*, 1999 ; Frank *et al.*, 2006), ainsi que sur d'autres secteurs le long des côtes est et ouest (études en cours). Plus ou moins proche de la côte et entrecoupé de passes généralement au droit de l'embouchure des rivières, ce récif peut être double ou triple comme au large de Ponérihouen (figure 1, Guilcher, 1988) alors qu'au large de Yaté il est de plus en plus immergé. Le vaste lagon sud-ouest ou lagon de Nouméa est parsemé de récifs internes qui se présentent comme de larges platiers sur lesquels des accumulations sableuses forment des cayes. Les récifs frangeants bordant les côtes, particulièrement bien développés à l'est, le sont beaucoup moins à l'ouest. Dès 1925, Davis avait observé cette répartition particulière des formations récifales ainsi que leurs différences morphologiques : il les avait attribuées aux conséquences de variations du niveau marin et apportait ainsi les premiers éléments à l'étude de la croissance récifale en Nouvelle-Calédonie.

La plupart des récifs modernes (frangeants et barrières) autour de la Grande Terre de Nouvelle-Calédonie ont commencé à s'édifier vers 9 000-8 000 ans (Cabioch *et al.*, 1995, 2003 ; Frank *et al.*, 2006), c'est-à-dire lors de la phase terminale de la dernière remontée du niveau

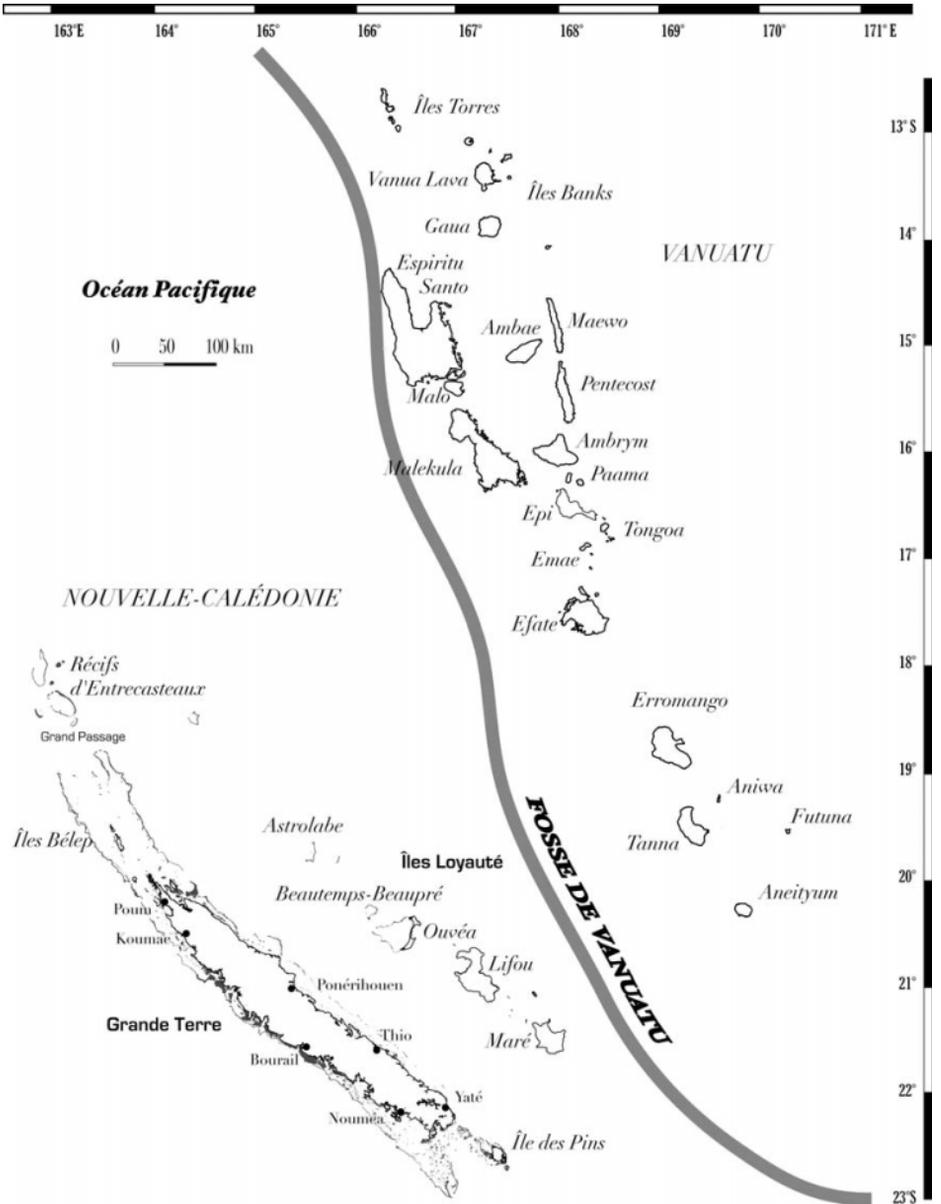


FIGURE 1. – L’archipel du Vanuatu, le tracé de la zone de subduction (« fosse du Vanuatu ») et la Nouvelle-Calédonie avec les récifs barrières et frangeants néo-calédoniens

marin. Toutefois, ces récifs et tout particulièrement ceux constituant la barrière, sont en fait constitués d’un empilement successif de récifs édifiés pendant plusieurs périodes interglaciaires, sous le contrôle des variations glacio-eustatiques, selon une périodicité d’environ 100 000 ans. Ceci n’a été rendu possible que

parce que les marges de l’île se sont enfoncées, dans le même temps, de façon continue (subsidence) et que les récifs ainsi que les lagons, émergés lors des périodes glaciaires (à une cycli- cité du même ordre, Coudray, 1976 ; Cabioch *et al.*, sous presse) n’étaient l’objet d’aucune croissance.

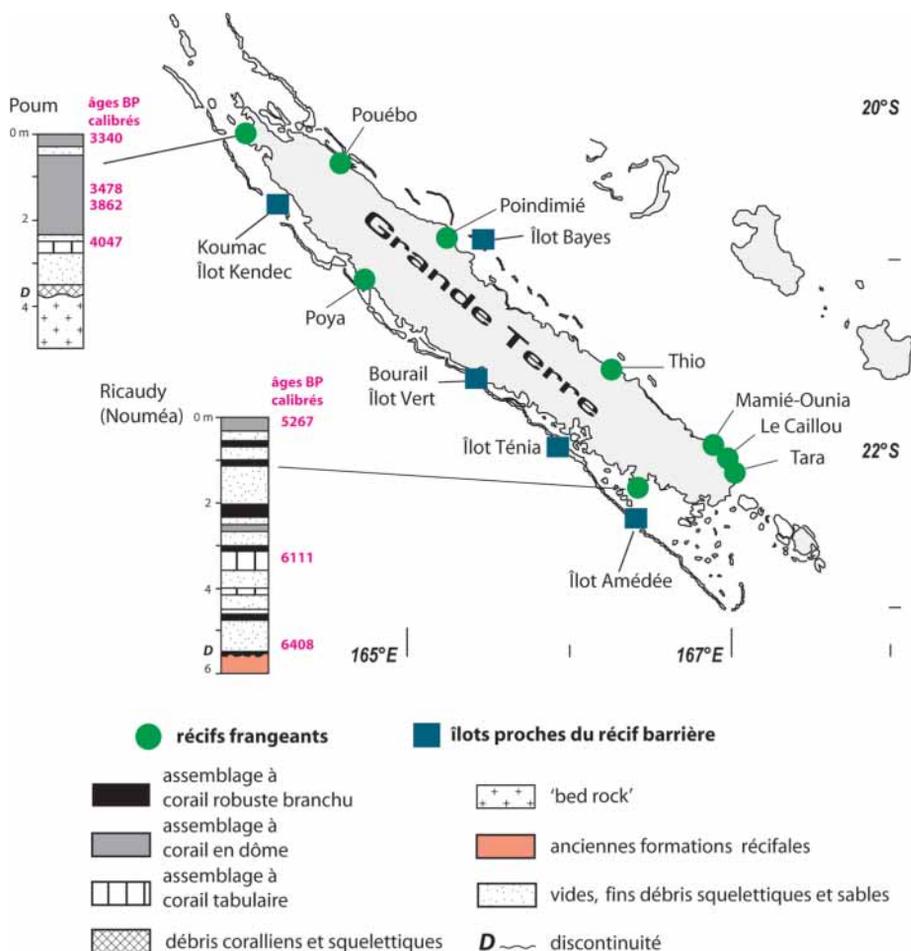


FIGURE 2. – Localisation des carottes coralliennes postglaciaires prélevées en Nouvelle-Calédonie et lithologie synthétique de deux sondages (adapté d'après Cabioch, 2003) (voir cahier couleur après p. 144)

• Au Vanuatu

Cet archipel, constitué de plus de 80 îles et îlots volcaniques, s'étend entre 166° E et 171° E de longitude et 13° S et 20,5° S de latitude. Il forme un arc insulaire (figure 1) d'orientation NNW-SSE, qui marque la zone de convergence entre les plaques australienne et pacifique au niveau de la fosse de subduction du Vanuatu. Cet arc se caractérise géologiquement par trois rides principales (MacFarlane *et al.*, 1988) : la plus ancienne (23-11 millions d'années), à l'ouest, qui comprend les îles Torres, Espiritu Santo, Aoré, Malo et Malakula, une plus récente à l'est (11-3,2 millions d'années) composée des îles Maévo, Pentecost et de la bordure orientale d'Efaté et la

plus jeune, la ride centrale au volcanisme actif. Malakula, Espiritu Santo, Aoré et Malo, situées au plus près de la limite des plaques (Taylor *et al.*, 1987), se soulèvent rapidement (Pineda et Galipaud, 1998), d'où l'absence de récifs barrières et de lagon, seul un récif frangeant borde de façon continue les côtes est. Les taux de surrection maximaux reconnus durant l'Holocène, 5,5 et 3,4 mm par an, sont localisés respectivement dans les secteurs sud-est d'Espiritu Santo et nord de Malakula (Taylor *et al.*, 1980, 1987).

L'archipel connaît un climat au cycle saisonnier bien marqué (Cillaurren *et al.*, 2001) avec une saison chaude de décembre à avril et une saison fraîche de juillet à septembre, séparées par

deux périodes de transition. L'extension latitudinale de l'archipel sur 900 km explique les contrastes thermiques entre le nord et le sud. Ce contraste est encore amplifié pour les précipitations : 4000 mm annuels en moyenne au nord (îles Banks et Torres) et moins de 2000 mm au sud (Tanna, Aneityum), les côtes sous le vent étant moins arrosées que celles exposées aux alizés.

Les données sur les récifs du Vanuatu concernent leur néotectonique (Jouannic *et al.*, 1980 ; Taylor *et al.*, 1980 ; 2005), leur structure et leur morphologie (Guilcher, 1974), leur composition biologique (Done and Navin, 1990 ; Véron, 1990). Les informations relatives à la paléoclimatologie sont plus récentes (Beck *et al.*, 1992, 1997 ; Cabioch *et al.*, 1998 ; Corrège *et al.*, 2000 ; 2004 ; Quinn *et al.*, 1996). L'étude des environnements terrestres quaternaires reste à développer. Les informations à leur sujet sont encore rares (Hope et Spriggs, 1982 ; Quantin, 1992 ; Warden et Mitchell, 1974), alors même que de nombreuses données existent sur l'archéologie (Bedford, 2006 ; Galipaud, 1998 et 2004 ; Garanger, 1972 ; Spriggs, 2003 ; Valentin *et al.*, 2005).

Évolution des paléoenvironnements récifaux

En Nouvelle-Calédonie

L'installation des récifs modernes a débuté vers 9 000-8 000 ans. Leurs constituants se répartissent, de bas en haut, en deux unités se répartissant en trois assemblages (figure 2) : i) une unité inférieure composée généralement de débris d'*Acropora*, ii) une unité supérieure constituée de coraux plus ou moins massifs, souvent des *Favidés* et des *Porites* (Cabioch *et al.*, 1995). Cette succession est typique d'une croissance dite de rattrapage (catch-up growth mode *sensu*, Neumann et MacIntyre, 1985), typique d'un rattrapage du niveau marin par le récif lorsque la vitesse de remontée du niveau marin décroît. Les variations observables dans cette succession en divers points à proximité de la Grande Terre témoignent de retards variables dans le temps selon les sites (Cabioch, 2003).

Ces retards dans l'installation des récifs modernes pourraient être expliqués par des conditions environnementales peu favorables, voire inhibantes, de la croissance, telles que des substrats peu propices au recrutement larvaire ou des températures d'eaux océaniques (SST) superficielles défavorables, mais plus vraisemblablement par un manque de substrats disponi-

bles avant la période 9 000-8 000 ans. En effet, avant cette période, les pentes du récif barrière, qui sont les seules à être mises en eau, sont trop raides pour permettre l'installation de véritables récifs coralliens. Les mesures de paléotempérature par analyse géochimique de coraux du genre *Porites* à différentes époques holocènes ont montré qu'il y a 6 000 ans, les SST étaient en général supérieures de 1°C aux températures actuelles. Les variations en apports d'éléments nutritifs observées pendant cette période auraient également influé fortement sur la croissance des formations récifales (Montaggioni *et al.*, 2006), contribuant au retard de l'établissement des récifs modernes en Nouvelle-Calédonie. Vers cette même période de l'Holocène moyen, on observe aussi une inflexion dans la remontée du niveau marin qui a été observée en Australie (Larcombe *et al.*, 1995) et à Singapour (Bird *et al.*, 2007) qui aurait pu favoriser une croissance de rattrapage pour les récifs modernes. L'installation et le développement des récifs modernes tels qu'ils sont observés en Nouvelle-Calédonie répondent donc à une double influence, locale (aptitude des substrats, SST) et globale (upwellings et variations du niveau marin).

Au Vanuatu

Le premier site d'étude se trouve dans la région de Tasmaloum (figure 3) au sud-ouest de l'île d'Espiritu Santo (partie de l'île ayant connu le plus fort taux de surrection), le second sur l'îlot d'Urélapa (partie ayant connu un taux de surrection inférieur) à l'est de Tasmaloum. Ces récifs ont la particularité d'avoir été associés à des croûtes de microbialites (structures dont l'origine est liée à des micro-organismes) entre 20 000 et 6 000 ans et 12 000 et 6 000 ans, respectivement.

Le récif de Tasmaloum (Cabioch *et al.*, 1998 ; 2003) s'est développé en quatre étapes majeures :

- entre 24 000 et 15 000 ans, c'est une unité composée de faciès détritiques squelettiques fins et de coraux robustes branchus de type *Acropora* ;

- de 15 000 à 10 000 ans, c'est une séquence riche en faciès bioconstruits à coraux et algues rouges encroûtantes, dominés par des formes de coraux branchus robustes ;

- de 10 000 à 6 000 ans, assemblages mixtes de coraux robustes branchus et de coraux foliacés. Cet assemblage inhabituel pourrait indiquer une variation locale de la profondeur consécutive à des soulèvements, particulièrement nombreux entre 16 000 et 10 000 ans ;

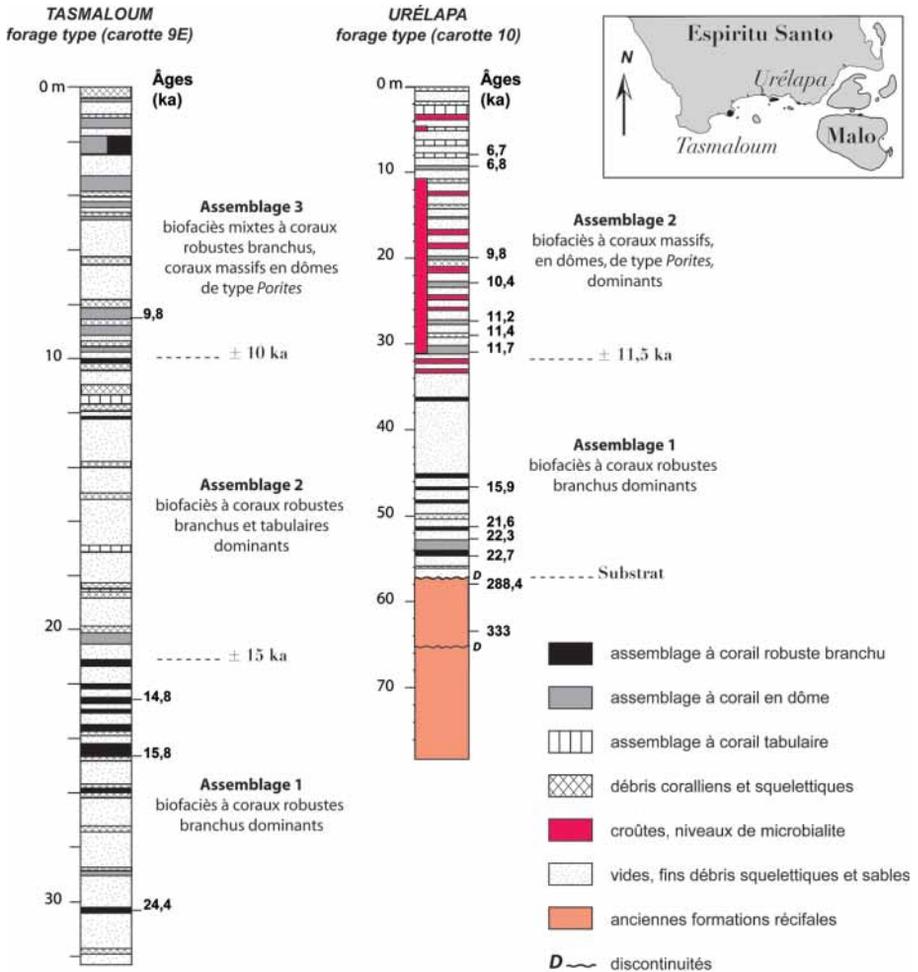


FIGURE 3. – Localisation des carottes coralliennes postglaciaires prélevées à Efate (Vanuatu) et lithologie synthétique de deux sondages (modifié d'après Cabioch *et al.*, 1998, 2003 et Taylor *et al.*, 2005) (voir cahier couleur après p. 144)

- postérieurement à 6 000 ans, des arrêts de croissance indiquent une succession d'émersions et d'immersions du récif.

Le développement du récif d'Urélapa s'est déroulé en deux étapes :

- de 23 000 à 11 500 ans, c'est une unité riche en coraux branchus (*Acropora* spp.), avec de nombreuses petites colonies coralliennes massives associées à des encroûtements algaires typiques de milieux peu profonds et agités, probablement très proches de la surface ;

- de 11 500 à 6 000 ans, niveau riche en coraux de type *Porites* spp. avec quelques formes coralliennes branchues, reflétant habituellement des

environnements relativement plus profonds que les précédents, de l'ordre de 10 à 20 m de profondeur.

La succession de ces deux assemblages indique une variation dans le mode de croissance (*sensu* Neumann et MacIntyre, 1985), interprétée comme le passage d'un mode « croissance dite de maintien » (*keep-up growth mode*) entre 23 000 et 11 500 ans (c'est-à-dire que les organismes constructeurs se maintiennent dans une tranche d'eau proche de la surface marine lors de sa montée) à un mode « croissance de rattrapage » (*catch-up growth mode*) de 11 500 à 6 000 ans, (c'est-à-dire qu'après un retard de

croissance, les récifs rattrapent le niveau marin lorsque la vitesse de remontée de celle-ci se ralentit).

Un tel changement dans le mode de croissance traduit probablement des variations de profondeur liées à des changements paléocéanographiques globaux (Cabiocch *et al.*, 2003), qui seraient la réponse du milieu aux variations climatologiques, ainsi que le montre les mesures de SST par analyse géochimique (Sr/Ca et ^{18}O) d'un corail *Diploastrea heliopora* daté de 12 000 ans environ (*Younger Dryas*) prélevé à Tasmaloum. Cette analyse révèle que ces SST étaient alors en moyenne inférieures d'environ 4,5°C par rapport aux SST modernes, tout en enregistrant des variations interdécadales importantes. Durant cette période, les phases de SST relativement plus chaudes sont associées à des amplitudes annuelles d'environ 3°C, comme c'est le cas actuellement. Par contre, les intervalles de SST plus froides montrent des amplitudes annuelles de 5 à 6°C, comme on peut l'observer actuellement en Nouvelle-Calédonie, ce qui suggérerait que lors de cette période, la position de la zone de convergence du Sud Pacifique aurait varié.

Évolution des paléoenvironnements terrestres

En Nouvelle-Calédonie

Les sites prospectés et étudiés, ainsi que ceux pour lesquels des données sont publiées dans la littérature, sont présentés sur la figure 4. Cette figure montre que ces sites sont localisés principalement sur la côte ouest de la Nouvelle-Calédonie, sur la côte sous le vent, où les plaines littorales sont les mieux développées. Une carotte échantillonnée dans le lac Xéré Wapo au nord de Yaté donne des informations pour la côte sud-est de la Grande Terre. Cette figure montre qu'à l'exception des carottages réalisés dans le sud de l'île et de celui du marais littoral de Koumac, la durée temporelle enregistrée dans les prélèvements effectués sur la côte ouest de la Grande Terre est relativement restreinte : la période enregistrée correspond aux 3 500 dernières années, pour des longueurs de prélèvements variant de moins d'un mètre à 5 mètres. De plus et pour l'ensemble des enregistrements, la haute résolution souhaitée n'a pas été obtenue, soit parce que les taux de sédimentation se sont révélés trop faibles et les mesures ambiguës, soit parce qu'une chronologie fine n'a pu être établie, le carbone de l'âge recherché ayant connu des apports en carbone plus ancien ou plus jeune.

• Dans le nord de la Nouvelle-Calédonie

Il s'agit de la zone la mieux connue de la Grande Terre du point de vue de son paléoenvironnement grâce aux différents travaux réalisés dans le cadre d'une recherche archéologique. Les fouilles de bord de mer et en grotte dans la région de Koumac (figure 5) ont montré (NKM004 ; Sémah, 1998) que les premiers colons mélanésien ont occupé la côte (époque Lapita) mais aussi l'intérieur des terres à des époques contemporaines, il y a environ 3 000 ans. Les sondages réalisés dans le « Grand Lac » (Wirrmann *et al.*, 2006), ainsi que ceux réalisés dans un marécage proche de la côte (Hope *et al.*, 1999), ont montré que vers cette même époque, les conditions environnementales étaient plus sèches que de nos jours, une forme de végétation sèche avec de nombreuses Poaceae (graminées) ayant évolué vers une forêt sclérophylle puis vers une savane à niaoulis (*Melaleuca quinquenervia*).

• Dans le centre de la Nouvelle-Calédonie

L'enregistrement littoral FO4 du marais Fournier (figure 6 ; Wirrmann *et al.*, 2007) indique la mise en place du marécage vers 3 400 ans. La végétation passe d'un milieu ouvert, sec et relativement plus frais avec, entre autres taxons, des Poaceae abondantes et des Casuarinaceae ainsi que le genre *Nothofagus*, à un paysage plus humide (importance de la forêt de mangrove et des plantes marécageuses) remplacé au sommet de l'enregistrement par une végétation anthropisée (présence d'Asteraceae et de Myrtaceae). Comme nous l'avons noté à Koumac, on constate que des changements environnementaux de végétation et l'augmentation des microcharbons de bois sont contemporains de l'installation des populations mélanésiennes.

• Dans le sud de la Nouvelle-Calédonie

Les enregistrements des marais de Saint-Louis et de Plum (figure 6, Stevenson *et al.*, 2001 ; Stevenson, 2004) indiquent un accroissement notable des charbons de bois après 3 000 ans accompagné d'une perte de la diversité des taxons arborés, la déforestation la plus prononcée ne se produisant qu'après 2 000 ans. Dans le site le plus littoral les taxons de mangrove bien représentés au cours de l'Holocène moyen disparaissent de l'enregistrement après 3 000 ans, soulignant un recul de la mer.

• En résumé, en Nouvelle-Calédonie

Au cours de l'Holocène supérieur, un changement notable de l'environnement marqué par le retrait de la mer et des conditions plus sèches, s'observe entre 3 400-3 000 ans dans tous les enregistrements étudiés. Ces changements liés à

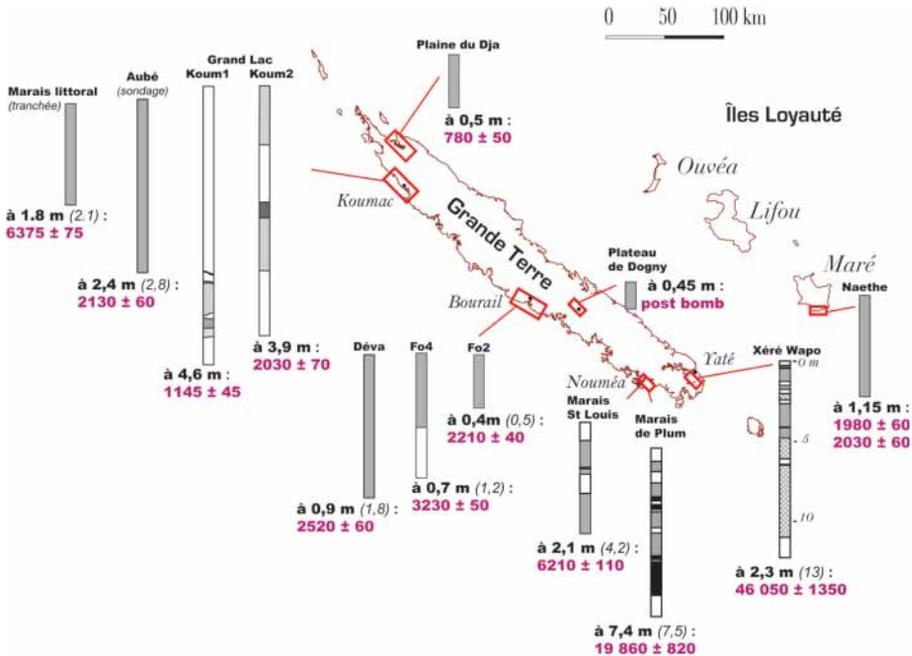


FIGURE 4. – Localisation des carottages terrestres de Nouvelle-Calédonie prélevés pour l'étude des paléoenvironnements. Chaque sondage est représenté par un log schématique, les figurés mettent en évidence les grands traits de la lithologie sans caractériser les faciès sédimentaires. Les nombres en italique et entre parenthèses indiquent, si nécessaire, la longueur maximale du sondage. Les nombres en gras indiquent le niveau daté le plus ancien et son âge ^{14}C (voir cahier couleur après p. 144)

des conditions climatiques différentes de celles qui existaient précédemment sont aussi contemporains de l'arrivée des premiers navigateurs colonisateurs de l'Océanie lointaine (Anderson, 2002 ; Sémah et Déroit, 2006).

Pour la période postglaciaire (figures 4 et 7) la synthèse des sondages longs réalisés au sud-est de la Grande Terre (figure 7) ne montre pas de changements majeurs du type de couvert végétal, les grandes variations ayant été enregistrées bien avant le dernier maximum glaciaire.

Au Vanuatu

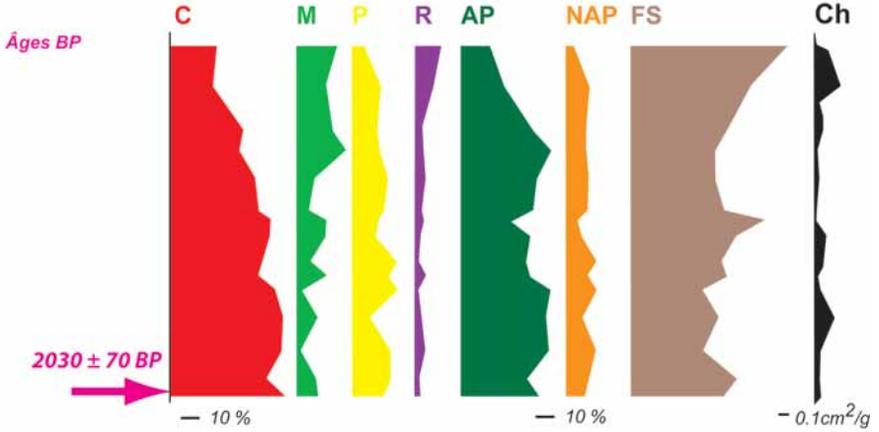
À ce jour, l'histoire des paléoenvironnements terrestres au Vanuatu reste encore à écrire. La première étude palynologique (Hope et Spriggs, 1982) a été réalisée à Aneityum à l'occasion de fouilles archéologiques. Puis d'autres travaux ont suivi, toujours dans le cadre de recherches sur la préhistoire. Ils ne concernent qu'une très petite partie des îles et îlots de cet archipel (Hope et al., 1999 ; Horrocks et Bedford, 2005). L'ensemble des éléments recueillis reste insuffisant pour une bonne connaissance de l'évolution

des paysages terrestres au Vanuatu. Des travaux en cours (Sémah et Wirrmann, 2007) basés sur l'analyse de différentes carottes prélevées sur l'île d'Efaté vont renseigner l'histoire des 6 800 dernières années avec une bonne résolution temporelle. Pour le site d'Emaotfer, les changements environnementaux déjà mis en évidence, du plus ancien au plus récent, sont une régression de la mangrove associée au retrait de la mer (entre ca 6 800 et 3 000 ans) et un abaissement contemporain du niveau du lac, puis la végétation montre un caractère ouvert du paysage (ca 3 000-1 000 ans) qui passe ensuite à une forme plus anthropisée, contemporaine d'un retour à des conditions plus humides.

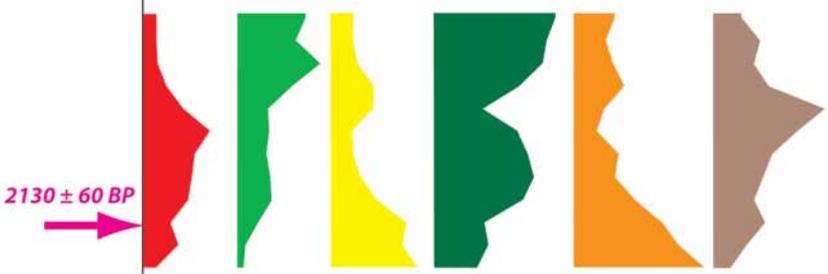
Conclusion – Perspectives

L'étude de l'évolution des environnements marins et terrestres lors de la dernière déglaciation en Nouvelle-Calédonie et au Vanuatu conduit à plusieurs remarques. En ce qui concerne les environnements terrestres :

Carotte KOUM2 - Grand Lac - Koumac- alt. ≈ 120m (Wirrmann et al., 2006)



Marais Aubé - Koumac- alt. ≈ 8m (Sémah, 1998)



Zone littorale - Koumac- alt. ≈ <2m (Hope et al., 1996)

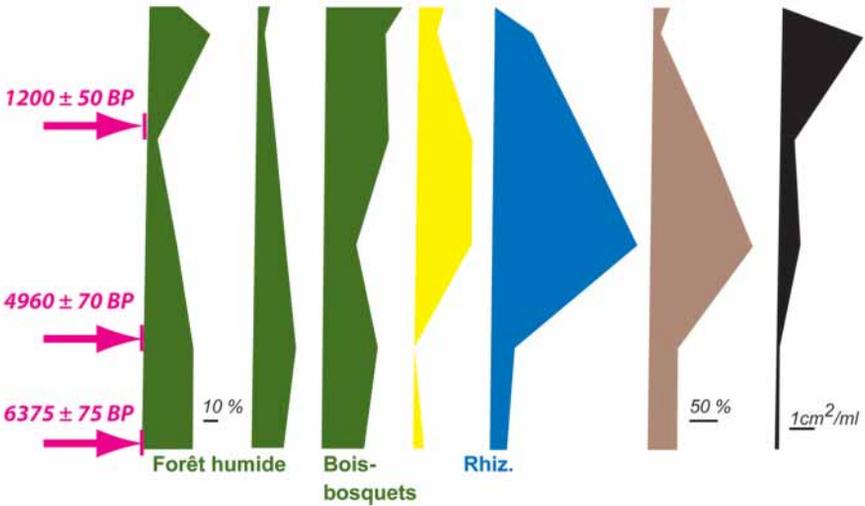


FIGURE 5. – Région nord de Nouvelle-Calédonie : diagrammes polliniques synthétiques. Richesse en taxon exprimée en % de la somme pollinique et concentration en charbon exprimée en surface par gramme ou par volume (voir cahier couleur p. 144)
 C = Casuarinaceae ; M = Myrtaceae ; P = Poaceae ; AP = Pollens d'arbres ; NAP = Pollens non arborés ; FS = Spores de fougères ; Ch = Microcharbons ; Rhiz. = Rhizophoraceae ; R = Forêt rivulaire.

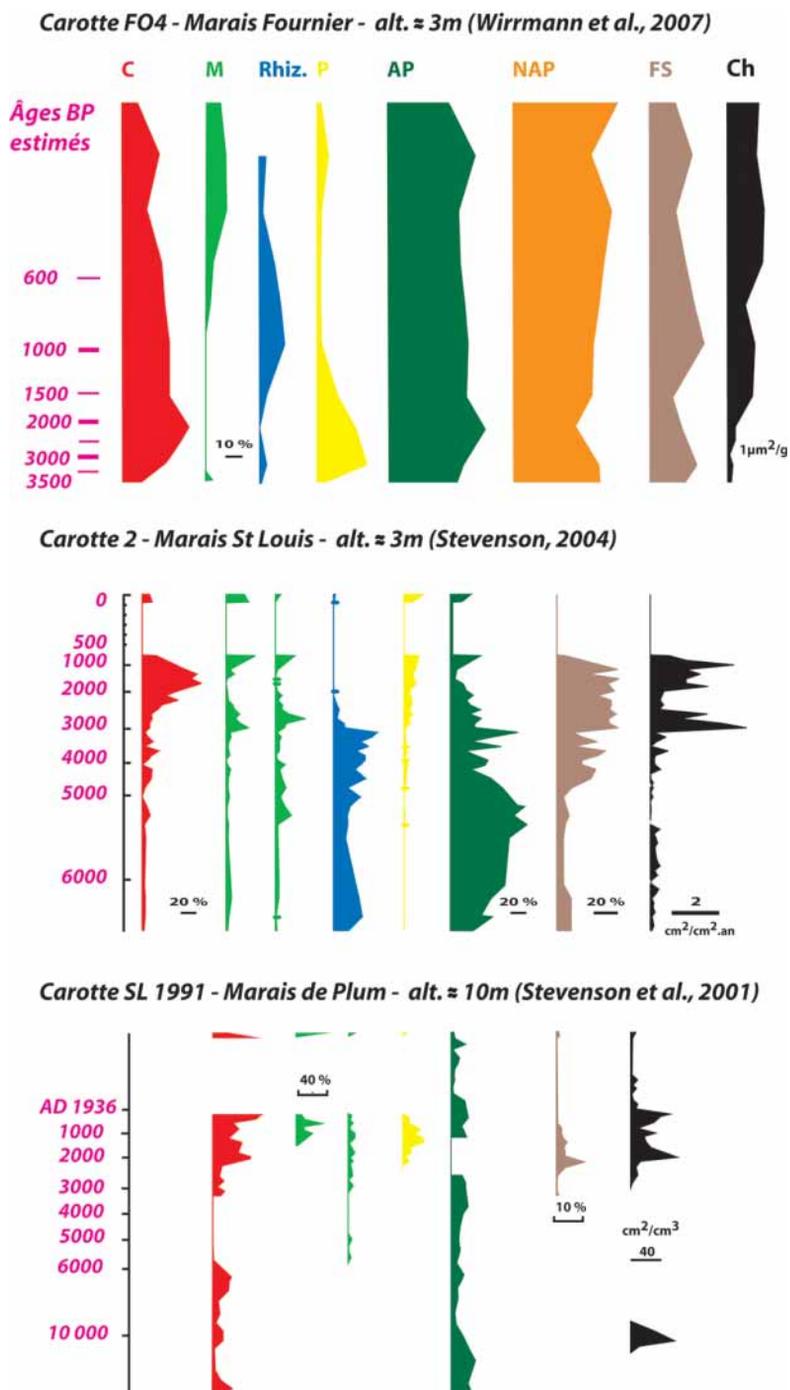


FIGURE 6. – Régions centre et sud-ouest de Nouvelle-Calédonie : diagrammes polliniques synthétiques (voir cahier couleur après p. 144)

C = Casuarinaceae ; M = Myrtaceae ; P = Poaceae ; AP = Pollens d'arbres ; NAP = Pollens non arborés ; FS = Spores de fougères ; Ch = Microcharbons ; Rhiz = Rhizophoraceae ; R = Forêt rivulaire.

Carotte B - Lac Xéré Wapo- alt. = 220m (Hope and Pasque, 1998 ; Stevenson et al., 2005)

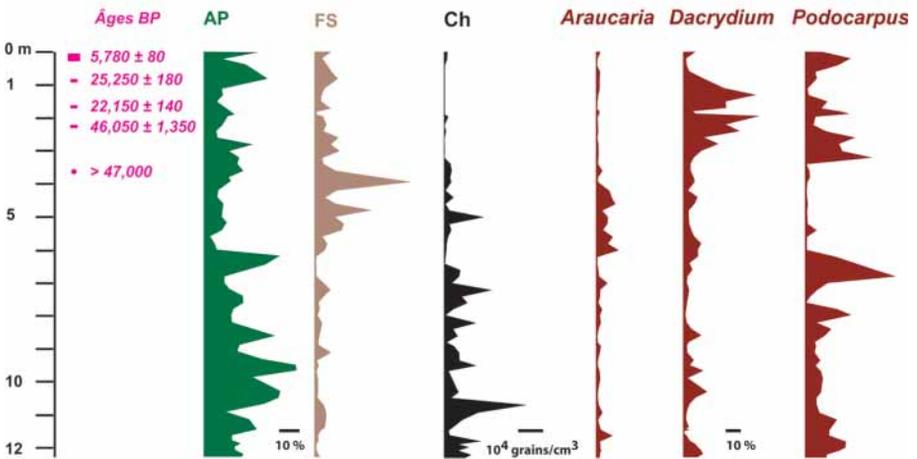


FIGURE 7. – Région sud-est de Nouvelle-Calédonie : diagrammes polliniques synthétiques (voir cahier couleur après p. 144)
 C = Casuarinaceae ; M = Myrtaceae ; P = Poaceae ; AP = Pollens d'arbres ; NAP = Pollens non arborés ; FS = Spores de fougères ; Ch = Microcharbons ; Rhiz = Rhizophoraceae ; R = Forêt rivulaire.

- en Nouvelle-Calédonie, malgré des méthodes d'étude permettant une haute résolution de reconstitution temporelle (sédimentologie, palynologie), les échantillons obtenus à ce jour n'ont pas permis d'obtenir la résolution temporelle recherchée. Les résultats obtenus montrent qu'après une période Holocène inférieur généralement plus humide, l'Holocène supérieur voit la mise en place, aux alentours de 3 000 ans, d'une période plus sèche, contemporaine de l'arrivée des premiers colons ;

- au Vanuatu, les données en cours d'acquisition montrent que pour couvrir la période postglaciaire, il faudra étudier des sondages plus longs, prélevés dans des sites qui permettront de s'affranchir de l'effet des variations du niveau de la mer. Les marécages littoraux ne fonctionnant que depuis quelques millénaires seulement, ces sites seront donc à rechercher plus à l'intérieur des terres.

Pour ces deux régions et afin de pouvoir obtenir des enregistrements finement sériés remontant aussi loin que possible dans le temps, l'analyse d'autres marqueurs terrestres à haute résolution potentielle (cernes d'arbres, spéléothèmes) est à développer, à la lumière des résultats préliminaires obtenus en Nouvelle-Calédonie (Lieubeau *et al.*, 2007).

Pour les environnements récifaux, et malgré les études réalisées en plusieurs points du Pacifi-

que, il reste encore à caractériser les principaux facteurs à l'origine de leur installation puis de leur développement ou de leur ennoisement, en précisant par exemple le rôle des sst, salinité, apports en nutriments et nature du substrat. L'analyse des récifs ennoyés, reconnus en certains sites du Pacifique, devrait apporter des réponses pertinentes à ce sujet.

La réponse à ces questions doit passer non seulement par une étude morphologique, sédimentologique et biologique mais doit être aussi combinée à la mesure des facteurs climatiques et océanographiques physiques. La connaissance de ces facteurs pour certaines périodes clés, notamment celles où l'on observe des changements majeurs dans le développement des récifs, apportera les informations recherchées sur la variabilité climatique contemporaine de ces époques.

Enfin, il apparaît, dans l'état de nos connaissances, et c'est un fait capital, que la colonisation des îles du Pacifique correspondrait plutôt à des périodes sèches récentes (ENSO renforcé, Anderson *et al.*, 2006), d'où l'importance de focaliser nos travaux sur le phénomène El Niño à ces époques de premières colonisations de l'Océanie lointaine. De plus, il est admis que les Mélanésiens, qui possédaient depuis longtemps déjà des moyens de navigations appropriés, auraient pris la mer préférentiellement aux périodes les plus favorables à leurs déplacements (Di Piazza *et al.*, 2007) c'est-à-dire à des traversées d'ouest en est.

BIBLIOGRAPHIE

- ANDERSON A., 2002. Faunal collapse, landscape change and settlement history in remote Oceania, *World Archaeology* 33, pp. 375-390.
- ANDERSON A., J. CHAPPELL, M. GAGNAN and R. GROVE, 2006. Prehistoric maritime migration in the Pacific islands: an hypothesis of ENSO forcing, *The Holocene* 16, pp. 1-6.
- BARD E., B. HAMELIN, M. ARNOLD, L. F. MONTAGGIONI, G. CABIOCH, G. FAURE and F. ROUGERIE, 1996. Deglacial sea level record from Tahiti corals and the timing of global meltwater discharge. *Nature* 382, pp. 241-244.
- BECK J. W., L. R. EDWARDS, E. ITO, F. W. TAYLOR, J. RÉCY, F. ROUGERIE, P. JOANNOT and C. HÉNIN, 1992. Sea-surface temperature from skeletal strontium/calcium ratios. *Science* 257, pp. 644-647.
- BECK J. W., J. RÉCY, F.W. TAYLOR, L. R. EDWARDS and G. CABIOCH, 1997. Abrupt changes in early Holocene tropical sea surface temperature from coral Sr/Ca thermometry. *Nature* 385, pp. 705-707.
- BEDFORD S., 2006. Pieces of the Vanuatu puzzle: Archaeology of the north, south and centre, *Terra Australis* 23, Canberra, ANU ePress, 344 p.
- BIRD M. I., L. K. FIFIELD, T. S. TEH, C. H. CHANG, N. SHIRLAW and K. LAMBECK, 2007. An inflection in the rate of early mid-Holocene eustatic sea-level rise: A new sea-level curve from Singapore, *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 71, pp. 523-536.
- CABIOCH G., 2003. Postglacial reef development in the South-West Pacific: case studies from New Caledonia and Vanuatu, *Sedimentary Geology* 159, pp. 43-59.
- CABIOCH, G., K. BANKS—CUTLER, J. W. BECK, G. S. BURR, T. CORRÈGE, L. R. EDWARDS and F.W.TAYLOR, 2003. Continuous reef growth during the last 23 ka in a tectonically active zone (Vanuatu, SouthWest Pacific), *Quaternary Science Reviews* 22, pp. 1771-1786.
- CABIOCH G., T. CORRÈGE, L. TURPIN, C. CASTELLARO and J. RÉCY, 1999. Development patterns of fringing and barrier reefs in New Caledonia (south-west Pacific), *Oceanologica Acta* 22, pp. 567-578.
- CABIOCH G., L. F. MONTAGGIONI and G. FAURE, 1995. Holocene initiation and development of New Caledonian fringing reefs, South-West Pacific, *Coral Reefs* 14, pp. 131-140.
- CABIOCH G., L. MONTAGGIONI, N. THOUVENY, N. FRANK, T. SATO, V. CHAZOTTES, H. DALAMASO, C. PAYRI, M. PICHON and A.-M SEMAH, (sous presse). The chronology and structure of the western New Caledonian barrier reef tracts, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*.
- CABIOCH G., F.W. TAYLOR, J. RÉCY, L. R. EDWARDS, S. C. GRAY, G. FAURE, G. S. BURR and T. CORRÈGE, 1998. Environmental and tectonic influences on growth and internal structure of a fringing reef at Tasmaloum (SW Espiritu Santo, New Hebrides Island Arc, SW Pacific), in G. Camoin, G. and P. J. Davies (eds), *Reefs and carbonate platforms in the Pacific and Indian Oceans*, International Association of Sedimentologists, Special Publication 25, pp. 261-277.
- CILLAUREN E., G. DAVID et R. GRANDPERRIN, 2001. *Atlas des pêcheries côtières de Vanuatu : un bilan décennal pour le développement / Coastal fisheries atlas of Vanuatu: a 10-year development assessment*, Paris, IRD, 256 p.
- COBB K. M., C. D. CHARLES, H. CHENG and L. R. EDWARDS, 2003. El Niño/Southern Oscillation and tropical Pacific climate during the last millennium, *Nature* 424, pp. 271-276.
- CORRÈGE T., T. DELCROIX, J. RÉCY, J. W. BECK, G. CABIOCH and F. LE CORNEC, 2000. Evidence for stronger El Niño-Southern Oscillation (ENSO) events in a mid-Holocene massive coral, *Paleoceanography* 15, pp. 465-470.
- CORRÈGE T., T. QUINN, T. DELCROIX, F. LE CORNEC, J. RÉCY and G. CABIOCH, 2001. Little Ice Age sea surface temperature variability in the south west tropical Pacific, *Geophysical Research Letters* 28, pp. 3477-3480.
- CORRÈGE T., M. K. GAGAN, J. W. BECK, G. S. BURR, G. CABIOCH and F. LE CORNEC, 2004. Interdecadal variation in the extent of south tropical waters during the Younger Dryas event, *Nature* 428, pp. 927-929.
- COUDRAY J., 1976. Recherches sur le Néogène et le Quaternaire marins de la Nouvelle-Calédonie. Contribution de l'étude sédimentologique à la connaissance de l'histoire géologique post-Eocène de la Nouvelle-Calédonie, Expédition française sur les récifs coralliens de la Nouvelle-Calédonie, Paris, *Fonds Singer-Polignac* 8, pp. 1-276.
- DAVIS W. M., 1925. Les côtes et les récifs coralliens de Nouvelle-Calédonie, *Annales de Géographie* 34, pp. 244-269, pp. 332-359, pp. 423-441 et pp. 521-558.
- DI PIAZZA A., P. DI PIAZZA and E. PEARTHREE, 2007. Sailing virtual canoes across Oceania: revisiting island accessibility, *Journal of Archaeological Science* 34, pp. 1219-1225.
- DONDERS T. H., F. WAGNER-CREMER and H. VISSCHER, 2008. Integration of proxy data and model scenarios for the mid-Holocene onset of modern ENSO variability, *Quaternary Science Reviews* 27, pp. 571-579.
- DONE T. J. and K. F. NAVIN, 1990. Shallow-water benthic communities on coral reefs, in T. J. Done et K. F. Navin (eds), *Vanuatu Marine Resources: Report of a Biological Survey*, Townsville, Australian Institute of Marine Science, pp. 10-36.
- DUPONT J., J. LAUNAY, C. RAVENNE et C.E. DE BROIN, 1975. Données nouvelles sur la ride de Norfolk, sud-ouest Pacifique, *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Paris, D* 289, pp. 245-248.

- FAIRBANKS R. G., 1989. A 17,000-year glacio-eustatic sea level record : influence of glacial melting rates on the Younger Dryas event and deep-ocean circulation, *Nature* 342, pp. 637-642.
- FRANK N., L. TURPIN, G. CABIOCH, D. BLAMART, M. TRESSENS-FEDOU, C. COLIN and P. JEAN-BAPTISE, 2006. Open system U-series ages of corals from a subsiding reef in New Caledonia: Implications for sea level changes, and subsidence rate, *Earth and Planetary Science Letters* 249, pp. 274-289.
- GALIPAUD J.-C., 1998. Recherches archéologiques aux îles Torres, *Journal de la Société des Océanistes* 107, pp. 159-168.
- GALIPAUD J.-C., 2004. Settlement history and landscape use in Santo, Vanuatu, *Records of the Australian Museum Supplement* 29, pp. 59-64.
- GARANGER J., 1972. Archéologie des Nouvelles-Hébrides. Contribution à la connaissance des Îles du Centre, *Journal de la Société des Océanistes* 30, pp. 1-156.
- GUILCHER A., 1974. Coral reefs of the New Hebrides, Melanesia, with particular reference to open-sea, not fringing, reefs, *Proceedings Second International Coral Reef Symposium v. 2. I.S.R.S.*, Brisbane, pp. 523-535.
- GUILCHER A., 1988. *Coral reef geomorphology*, Chichester, John Wiley & Sons, 228 p.
- HOPE G. S. and M. J. T. SPRIGGS, 1982. A preliminary pollen sequence from Aneityum Island, southern Vanuatu, *Bulletin of the Indo-Pacific Prehistory Association* 3, pp. 88-94.
- HOPE G., and J. PASK, 1998. Tropical vegetational change in the late Pleistocene of New Caledonia, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 142, pp. 1-21.
- HOPE G., D. O'DEA and W. SOUTHERN, 1999. Holocene vegetation histories in the Western Pacific: alternative records of human impact, in J.-C. Galipaud et I. Lilley (eds), *Le Pacifique de 5000 à 2000 avant le présent : suppléments à l'histoire d'une colonisation/The Pacific from 5000 to 2000 BP: colonisation and transformations*, Paris, IRD, Colloques et séminaires, pp. 387-404.
- HOPE G., A. P. KERSHAW, S. VAN DER KAARS, S. XIANGJUN, P.-M. LIEW, L. E. HEUSSER, TAKAHARA H., M. MCGLONE, N. MIYOSHI and P. T. MOSS, 2004. History of vegetation and habitat change in the Austral-Asian region, *Quaternary International* 118-119, pp. 103-126.
- HORROCKS M. and S. BEDFORD, 2005. Microfossil analysis of Lapita deposits in Vanuatu reveals introduced Araceae (aroids), *Archaeology in Oceania* 40, pp. 67-74.
- JOUANNIC C., F.W. TAYLOR, A.L. BLOOM and M. BERNAT, 1980. Late Quaternary uplift history from emerged reef terraces on Santo and Malekula, Central New Hebrides Island arc. Symp. on Petroleum potential in island arcs, small basins, submerged margins and related areas, Suva, Fidji, 1979, UN/ESCAP, CCOP/SOPAC, *Tech. Bull.* 3, pp. 91-108.
- LIEUBEAU V., P. GENTHON, M. STIEVENARD, R. NASI and V. MASSON-DELMOTTE, 2007. Tree-rings and the climate of New Caledonia (SW Pacific): Preliminary results from Araucariaceae, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 253, pp. 477-489.
- MCFARLANE A., J. N. CARNEY, A. J. CRAWFORD and H. G. GREENE, 1988. Vanuatu – a review of the onshore geology, in H. G. Greene and F. L. Wong (eds), *Geology and Offshore Resources of Pacific; Island Arcs Vanuatu Region*, Houston, TX, Earth Sci. Ser., vol. 8. Circum-Pacific Council for Energy and Mineral Resources, pp. 24-68.
- MANN M. E., 2002. Medieval Climatic Optimum, in M. C. MacCracken and J. S. Perry (eds), *Encyclopedia of Global Environmental Change*, Chichester, John Wiley & Sons, Ltd, pp. 514-516.
- MANN M. E., 2002a. Little Ice Age, in M. C. MacCracken and J. S. Perry (eds), *Encyclopedia of Global Environmental Change*, Chichester, John Wiley & Sons, Ltd, pp. 504-509.
- MANN M. E., 2007. Climate over the past two millennia, *Annual Review of Earth and Planetary Sciences* 35, pp. 111-136.
- MÉON H. and W. PANNETIER, 1994. Palynological study of the late Quaternary of Loyalty basin (SW Pacific), *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 111, pp. 135-147.
- MONTAGGIONI L. F., F. LE CORNEC, T. CORRÈGE and G. CABIOCH, 2006. Coral Barium/Calcium record of Mid-Holocene upwelling activity in New-Caledonia, South-West Pacific, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 237, pp. 436-455.
- NEUMANN A.C. and I. MACINTYRE, 1985. Reef response to sea level rise : keep-up, catch-up or give-up, *Proc. 5th Int. Coral Reef Congr.* 3, pp. 105-110.
- 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, *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Series IIA, Earth and Planetary Science* 327, pp. 777-779.
- QUANTIN P., 1992. *Les sols de l'archipel des Nouvelles-Hébrides (Vanuatu). Étude de la pédogenèse initiale en milieu tropical*, Paris, Éditions de l'ORSTOM, Collection Études et Thèses, 472 p.
- QUINN T. M., F. W. TAYLOR, T. J. CROWLEY and S. M. LINK, 1996. Evaluation of sampling resolution in coral stable isotope records: A case study using records from New Caledonia and Tarawa, *Paleoceanography* 11, pp. 529-542.
- SANDWEISS, D. H., K. A. MAASCH and D. G. ANDERSON, 1999. Transitions in the mid-Holocene. *Science* 283, 499-500.
- SÉMAH A.-M., 1998. Recherche des traces de la première conquête des vallées dans le nord de la 'Grande-Terre' (Nouvelle-Calédonie). Archéologie en grotte et étude du paléoenvironnement à Kou-

- mac, *Journal de la Société des Océanistes* 107, pp. 169-178.
- SÉMAH A.-M. et F. DÉTROIT, 2006. Sur les premiers peuplements du Pacifique Sud, *Comptes Rendus Palevol* 5, pp. 381-393.
- SÉMAH F., A.-M. SÉMAH et H. FORESTIER, 1995. Nouvelles données sur le peuplement ancien de la Nouvelle-Calédonie : la vallée de la Koumac ('Grande-Terre'), *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Paris, Série IIA*, 320, pp. 539-545.
- SÉMAH A.-M. and D. WIRRMANN, 2007. Palaeoenvironmental studies in Vanuatu – Prospections and first results, *Proceedings XVII INQUA Congress*, Cairns Australie, <http://www.icms.com.au/inqua2007/abstract/1090.htm>.
- SPRIGGS M., 2003. Chronology of the Neolithic transition in island southeast Asia and the Western Pacific: A view from 2003, *The Review of Archaeology* 24, pp. 57-80.
- STEVENSON J. 2004. A late-Holocene record of human impact from the southwest coast of New Caledonia, *The Holocene* 14, pp. 888-898.
- STEVENSON J. ET G. HOPE, 2005. A comparison of late Quaternary forest changes in New Caledonia and northeastern Australia, *Quaternary Research* 64, pp. 372-383.
- STEVENSON J., J. R. DODSON and I. P. PROSSER, 2001. A late Quaternary record of environmental change and human impact from New Caledonia, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 168, p. 97-123.
- TAYLOR F.W., C. FRÖHLICH, J. LECOLLE and M. STRECKER, 1987. Analysis of partially emerged corals and reef terraces in the central Vanuatu arc: comparison of contemporary coseismic and non-seismic with Quaternary vertical movements, *Journal of Geophysical Research* 92, pp. 4905-4933.
- TAYLOR F.W., B. L. ISACKS, C. JOUANNIC, A. L. BLOOM and J. DUBOIS, 1980. Coseismic and Quaternary vertical tectonic movements, Santo and Malekula islands, New Hebrides island arc, *Journal of Geophysical Research* 85, pp. 5367-5381.
- TAYLOR F. W., P. MANN, M. G. BEVIS, L. R. EDWARDS, H. CHENG, K. B. CUTLER, S. C. GRAY, G. S. BURR, J. W. BECK, D. A. PHILLIPS, G. CABIOCH and J. RÉCY, 2005. Rapid forearc uplift and subsidence caused by impinging bathymetric features: Examples from the New Hebrides and Solomon arcs, *Tectonics* 24, pp. TC6005.
- VALENTIN F., R. SHING et M. SPRIGGS, 2005. Des restes humains datés du début de la période de Mangaasi (2400-1800 BP) découverts à Mangaliliu (Éfaté, Vanuatu), *Comptes Rendus Palevol* 4, pp. 420-427.
- VERON J. E. N., 1990. Checklist of the hermatypic corals of Vanuatu, *Pacific Sciences* 44, pp. 51-70.
- WARDEN A. J. and A. H. G. MITCHELL, 1974. New Hebrides. London, *Geological Society, Special Publications* 4, pp. 433-443.
- WIRRMANN 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* 66, pp. 213-232.
- WIRRMANN D., A.-M. SÉMAH and M. CHACORNAC-RAULT, 2007. Littoral palaeoenvironmental changes throughout the last 3 500 years in central New Caledonia inferred from Fournier swamp, *Proceedings XVII INQUA Congress*, Cairns Australie, <http://www.icms.com.au/inqua2007/abstract/1070.htm>.

