

**PROJETS DE  
« PISTE LONGUE ADAPTEE AUX VOLS LONGS  
COURRIERS» POUR L'AERODROME  
DE DZAOUZDI-PAMANDZI :**

**REFLEXIONS SUR LES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX  
MARINS ET LITTORAUX**

**Bernard A. THOMASSIN**

*Océanographe, Directeur de recherches honoraire du C.N.R.S. / s/co Centre d'Océanologie de Marseille – Univ. de la Méditerranée*

*& G.I.S. « Lag-May » (Groupement d'Intérêt Scientifiques « Environnements marins et littoraux de l'île de Mayotte »)*

*Membre du « Comité technique du suivi des études relatives à la création d'une piste longue adaptée aux vols longs courriers à Mayotte » de la Direction générale de l'Aviation civile / Service national d'Ingénierie aéroportuaire / Antenne Méditerranée / Département INFRA.*

A la suite des études conduites par la DGAC / SNIA, 3 variantes d'aménagement ont été retenues dans le cadre des projets de piste longue adaptée aux vols longs courriers pour l'aéroport de Dzaoudzi-Pamandzi, à savoir :

- Variante 1 Phase 1 : extension de près de 550 m de l'épi de 500 m de long, construit en 1994-95, de la piste actuelle, vers le Sud, sur le platier du récif de Pamandzi ;
- Variante 1 Phase 2 : extension de 550 m de la piste vers le Sud (cf. ci-dessus) et création d'une piste convergente de 2.600 m de long vers le Nord-Ouest le long de la pointe de l'aéroport ;
- Variante 2 : création d'une piste convergente de 2.600 m de long vers le Nord-Ouest, à partir de l'épi actuel.

Par ailleurs, compte tenu de l'extension sur le platier récifal des variantes 1 et 2, soit édification d'un épi de près de 1.050 m de long sur 150 m de large, au minimum, nous avons suggéré à la DGAC / SNIA, dès décembre 2010, que soit envisagée la création de 2 dalots d'une 20aine de mètres de large sous l'extension de 550 m de l'épi actuel.

Cet aménagement aurait pour but de pouvoir maintenir des échanges suffisants entre le lagon et l'océan et inversement pour les masses d'eau et leurs planctons (microbien, phytoplanctonique et zooplanctonique) et les animaux vagiles fréquentant cette zone : poissons, tortues marines et dugongs, planctons et larves, notamment celles de poissons, émises en haute mer, et revenant se développer dans le lagon et les récifs et mangroves frangeant les terres émergées, « Grande Terre » tout particulièrement.

Dans le cadre du « Débat Public » sur ces projets de piste longue à Mayotte, il était important, du point de vue « environnementaliste / écologiste marin », de réfléchir sur ce que pourraient être les impacts des différentes variantes sur les milieux marins et littoraux de Petite Terre. Ce qui est présenté ci-après.

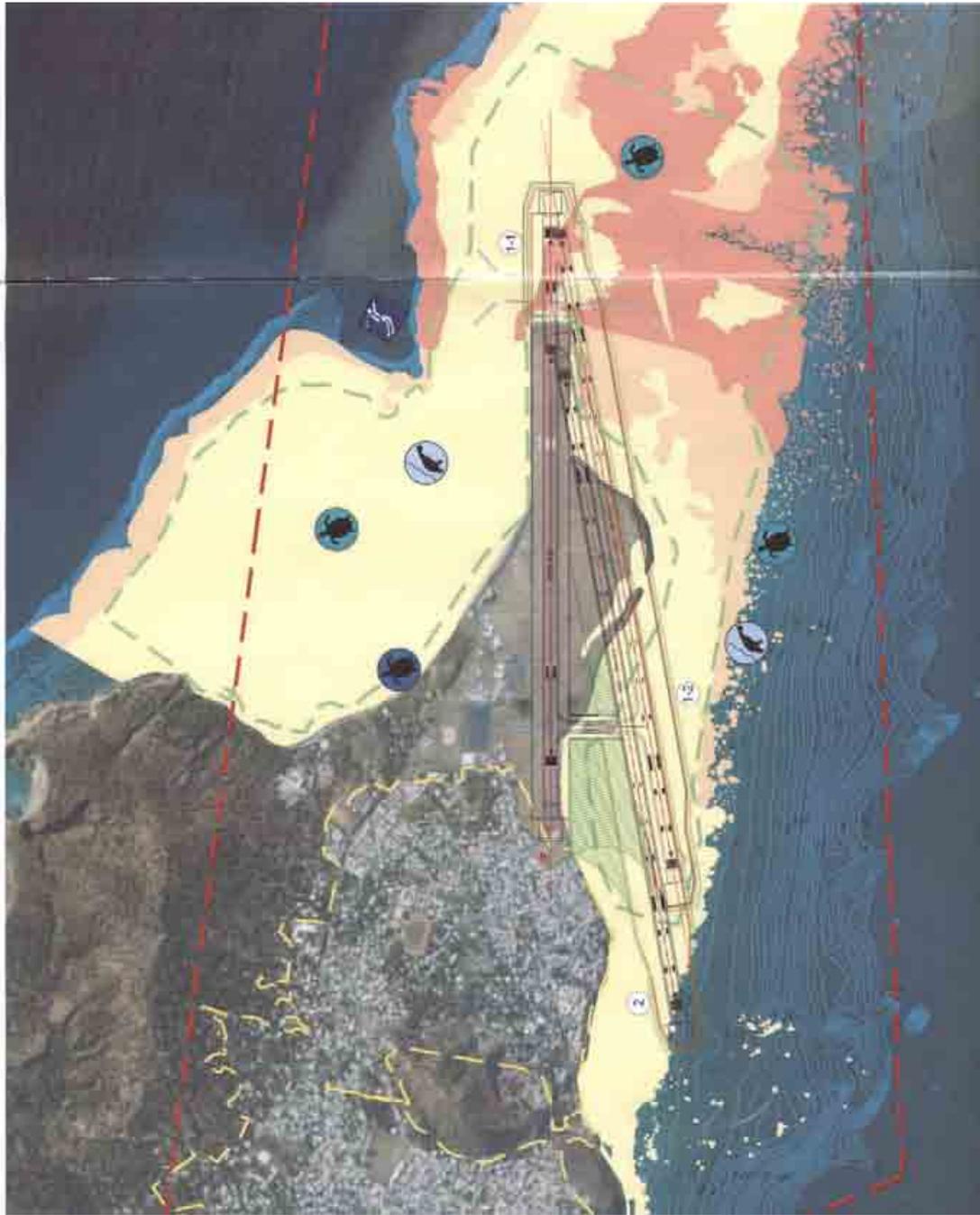
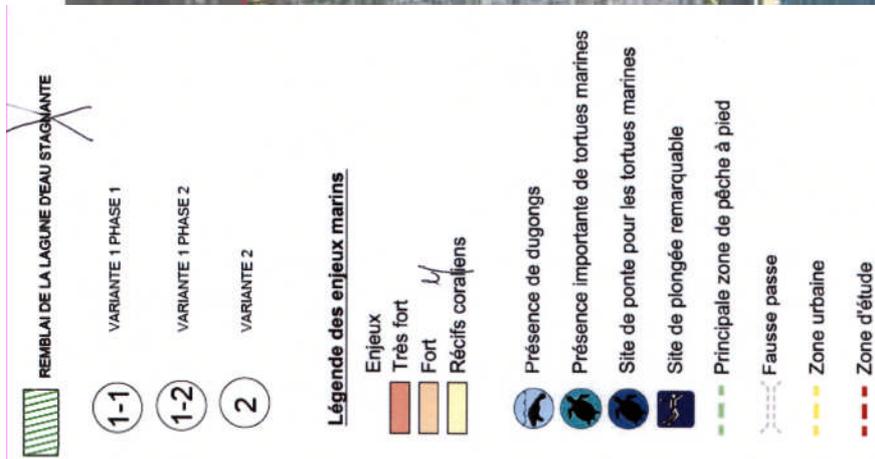


Figure 1. Carte de la zone de l'aéroport de Dzaoudzi-Pamandzi : superposition des variantes de piste et des enjeux marins (SOGREAH ADPI Dossier AVP1 / REV A / 4 nov. 2010. p. 32/44).



Figure 2. Pointe Sud de l'aéroport et projet d'extension de l'épi actuel de 500 m de long d'une avancée de 550-570 m sur le platier du récif de Pamandzi : proposition pour les emplacements des 2 dalots sous l'extension (THOMASSIN, mai 2011 pour SOGREAH : fond : vue aérienne IGN de 1997).

Pour ce faire, il fallait bien :

1°/ bien comprendre tout le contexte géomorphologique, hydrodynamique et benthique de tout le secteur Sud de l'île de Pamandzi et plus particulièrement le secteur de la pointe de l'aéroport. D'où un rappel d'un certain nombre de faits dont certains n'ont pas encore été pris en compte dans la littérature ou les rapports techniques demandés par la DGAC / SNIA ;

2°/ analyser en détails les impacts qu'avait induits la construction, en 1994-95, de l'épi de 200 m de long seulement prolongeant les anciennes pistes créées sur la terre ferme ;

3°/ analyser en détails les simulations hydrodynamiques avec les différentes variantes de la piste longue (SOGREAH-Groupe ARTELIA, juin 2011).

## 1. LE CONTEXTE GEOMORPHOLOGIQUE ET GEOLOGIQUE : RAPPELS DES FAITS

L'aérodrome de Dzaoudzi-Pamandzi, dès les années 1945-50, a été construit au Sud de l'île de Pamandzi sur une langue de dépôts de cinérites issues des explosions volcaniques des formations du Dziani Dzaha, au Nord, puis de la Vigie, au Sud (fig. 3).



Figure 3. Vues aériennes de la pointe de l'aéroport à l'extrémité Sud de l'île Pamandzi (d'après vues aériennes verticales IGN de 1959 et 1969).

En effet, l'Est de la « Grande Terre », a subi d'importants bouleversements volcaniques :

- dans le secteur de Mtsapéré-Mamoudzou-Kavani-Kawéni, avec les maars de Kavani et Kawéni (qui se prolonge par la pointe de Hamaha) ;
- puis, dans le lagon Nord-est :
  - les cônes stromboliens des secteurs des « 4 Frères » et de « Mogné Amiri – Cacazou - Vatou »,
  - puis du Nord de Pamandzi : Dzaoudzi, Mronyombéni, Totorossa, Sud Labattoir, Sandavangué et Gombé Doumé ;
  - suivis de cônes des remontées de magma trachytique du Dziani Dzaha et de la Vigie (selon une faille N.170)<sup>1</sup> et du cratère devant la plage de Mtsanga Mtiti / travers de l'usine de dessalement SOGEA, et enfin le secteur lagonaire de l'îlot Chissioua Pouhou, ont été le siège d'un volcanisme de type explosif (« maars ») selon une série de bouches volcaniques, ceci au Pléistocène et à travers un ancien récif barrière fossile (des ponces recouvrent les cônes stromboliens basiques datés de <150.000 70.000 ans B.P.<sup>2</sup> – DEBOEUF, 2004 -) , puis même à l'Holocène (3.000 ans vraisemblablement pour le petit cratère de Mtsanga Mtiti) COLONNA, 1994 ; THOMASSIN, 1997).

<sup>1</sup> Pour TRINEAU *et al.* (2006), le cône du Dziani Dzaha serait postérieur à celui de la Vigie.

<sup>2</sup> B.P. = before present

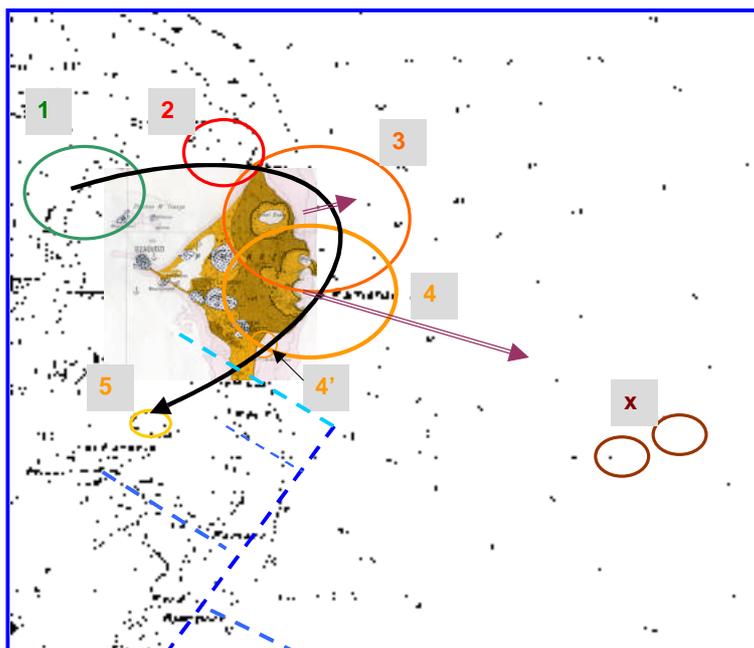


Figure 4. Schéma évolutif des appareils volcaniques dans le lagon au centre Est de Mayotte (d'après THOMASSIN, 2009).

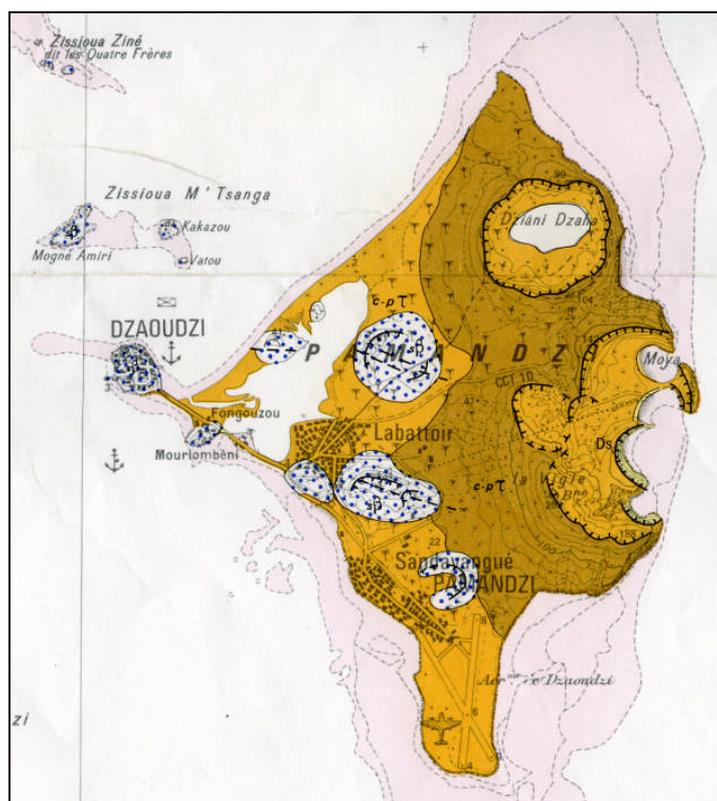


Figure 5. Carte géologique de Pamandzi (extraite de la carte géologique au 1/50.000 - STIELJES *et al.*, 1988). En pointillés les appareils stromboliens ; en jaune ocre et brun les dépôts de cendres et ponces trachytiques).



glissements ou « slumpings » de matériaux sous-marins en dessous d'elle (observée lors de plongée du submersible « Jago » en décembre 1991) (fig. 6).

La partie supérieure de la pente insulaire qui présente, au Sud comme au Nord de l'île de Pamandzi, des profils de pentes concaves, présente ici une grande falaise subverticale entre 90 m et 200 m de profondeur, à laquelle fait suite plus profondément un cône détritique en pente (30° environ)<sup>3</sup>.

Par ailleurs on observe un pendage Nors-Est / Sud-Ouest de la surface des dépôts de cinérites de la pointe de l'aéroport, des falaises de plusieurs mètres de haut bordant toute la plage Est de Mtsanga Mtiti.

Au Sud-Ouest de la pointe, on observe une zone dépressionnaire, colonisée aujourd'hui par une végétation arbustive. En effet, les houles et vagues de vent de Sud ont édifié le long de cette côte une sorte de dune en bordure de la pointe, empêchant ainsi les eaux pluviales de s'écouler vers le lagon. C'est à la limite Nord de cette zone dépressionnaire que l'on observe les 2 bosquets de palétuviers, formés non uniquement de *Sonneratia alba* (comme mentionné dans les rapports SOGREAH 2009) mais aussi d'*Avicennia marina* (obs. O. SOUMILLE de juil. 2011).



Figure 7. Vue générale de la pointe de l'aéroport, bordure Ouest de la piste, côté lagon, au niveau de la terminaison nette des dalles de beach-rocks fossiles situées devant Bandrabassi (1<sup>er</sup> plan), puis enrochement Nord-Ouest de la piste (à gauche) et végétation arbustive dans la zone dépressionnaire de la pointe, cordon littoral et bosquets de palétuviers *Sonneratia alba* et *Avicennia marina* (au fond) (photo O. Soumille, juin 2011).

<sup>3</sup> Cette morphologie de grande falaise sous-marine et de ces glissements de matériaux sur la pente insulaire n'est pas sans rappeler celle qui s'est produit sur la face Nord-Ouest de la pente de l'atoll de Mururoa (Tuamotu) sous les effets de la déstabilisation du substratum de l'atoll à la suite des explosions nucléaires souterraines (obs. B.A. Thomassin, 1994).



Figure 8. Vue des palétuviers croissant le plus au Sud au centre de la pointe de l'aéroport et figure d'érosion littorale dans les cinérites grises du substratum de la pointe (photo. O. Soumille, juin 2011).

Observations O. SOUMILLE « ESPACES », le 20/07/2011 sur ces bosquets de palétuviers.

La "mangrove" en question est en fait constituée de 8 palétuviers disposés en 2 bosquets monospécifiques : 5 *Sonneratia alba* d'un côté et 3 *Avicennia marina* de l'autre (voir carte).

Les 5 *Sonneratia* sont de très vieux arbres de très gros diamètre (j'en ai rarement vu d'aussi gros à Mayotte surtout avec un seul tronc !) qui font entre 45 et 130 cm de diamètre environ à la base. Ils sont encore vigoureux malgré leur âge sans doute important (peu de branches mortes) mais comme souvent les troncs sont plus ou moins creux.

A l'exception d'un jeune semis de *Rhizophora mucronata* isolé (dont on se demande comment il a réussi à se planter à cet endroit du beach-rock) il n'y a aucune régénération à proximité de ce bosquet. Il s'agit donc d'un peuplement sénescent dont le renouvellement ne sera pas assuré.

Les 3 *Avicennia* sont également de très vieux spécimens isolés dont on peut difficilement mesurer les troncs car ils comportent de nombreuses ramifications dans tous les sens.

Ils sont vigoureux malgré de nombreux trous dans les troncs et de grosses branches mortes. En revanche, ils sont bien déchaussés et ont la moitié des racines à l'air (voir photo). C'est dans ces racines enchevêtrées que l'on trouve quelques semis d'*Avicennia marina*, *Ceriops tagal* et *Rhizophora mucronata* de l'année qui ne passeront sans doute pas à un stade ultérieur compte tenu de l'érosion en cours dans ce secteur.

La régénération de ce bosquet me semble là aussi largement compromise en l'absence de plantules plus âgées que celles de l'année.

Entre ces deux bosquets on trouve deux tâches de semis d'*Avicennia marina* (moins d'un m<sup>2</sup> chacun) avec quelques semis très récents.

En avant du bosquet d'*Avicennia* dans une vasque du beach rock j'ai trouvé un jeune *Sonneratia alba* de 4-5 ans et plus loin quelques propagules de *Rhizophora* de l'année.

A signaler également dans ce secteur un vieux tronc de *Sonneratia alba* (du même acabit que les 5 vivants) qui est prisonnier du beach-rock.

Concernant la faune du coin, j'ai noté la présence d'un nid de héron vert dans un des *Sonneratia* et un héron cendré qui s'est posé plusieurs fois sur les *Sonneratia*.



*Avicennia marina*



*Sonneratia alba*

Photos: O. SOUMILLE, 20/07/2011

Figure9. Palétuviers des bosquets de mangrove de la pointe de l'aéroport, bordure Ouest

**L'île Pamandzi et les formations volcaniques qui la constituent sont donc en intrusion dans une ancienne barrière récifale pléistocène** (qui n'a malheureusement pu être datée, les coraux étant recristallisés).

**Cette île prolonge ainsi, au Nord, les récifs barrières de Pamandzi et Ajangoua.**

Or, ces deux récifs barrières ont été affectés par le rejet d'une importante « faille transformante », avec coulissage de blocs. Certaines cassures ont pu être empruntées par des cours d'eau lors d'épisodes d'émersion complète des fonds du lagon, notamment la rivière Kwalé et ses affluents. Après remise en eau de celui-ci, il y a eu notamment la création de la passe de Longogori (« la porte qui est par derrière ») ou passe « en S » (l'appellation passe « en Z » ayant été plus conforme à sa morphologie).

D'autres failles d'orientation N.305 (donc grossièrement NNW-SSE), presque parallèles à celle de la passe en S (que l'on identifie à partir des observations d'accidents géomorphologiques situés sur les platiers récifaux et sur le littoral de la pointe de Pamandzi), affectent tout ce secteur, notamment :

- par le travers du récif de Pamandzi, au Sud de l'îlot de sable ;
- par le travers de la pointe de l'aéroport, notamment sur la face Nord de la crique des Aviateurs. Cet axe se retrouve sur le littoral Ouest de la pointe, les beach-rocks fossiles s'arrêtant net à cet endroit.

**L'extrémité de la pointe de l'aéroport marque donc la limite entre des formations récifales de type « barrière » au Sud, et « frangeante » au Nord, notamment sur la face Est du Sud de l'île Pamandzi** (le long de la face océanique de la langue de cinérites de la pointe de l'aéroport).

En effet, les formations le long de la face Ouest de l'île de Pamandzi sont surtout constituées aujourd'hui de fonds de « sables coralliens avec débris coquilliers » (d'après les logs des sondages réalisés en 2006) (cf. ci-après) et de pâtés coralliens de pente interne, plus ou moins dispersés.

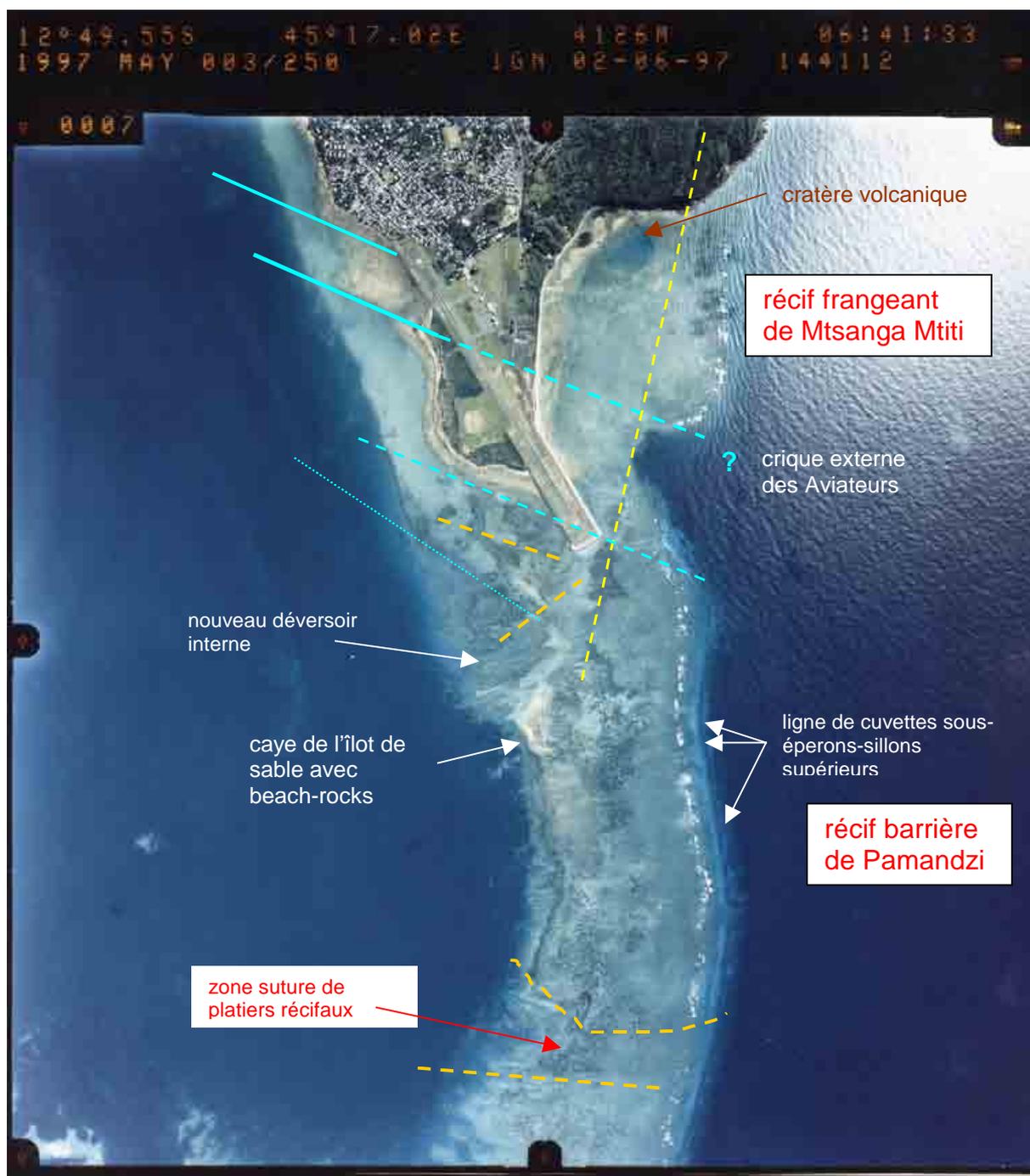


Figure 10 Extrémité de la pointe Sud de Pamandzi et portion Nord du récif barrière de Pamandzi. Les accidents tectoniques (d'après observations géomorphologiques) sont marqués en bleu clair (lignes et tirets) : N290 pour ceux de la pente interne Ouest de Pamandzi, en jaune (tirets) : N10 pour celui de la Vigie et du récif frangeant de Mtsanga Mtiti. (d'après vue aérienne IGN de 1997).

### ***Géologie de la pointe de l'aéroport de Dzaoudzi-Pamandzi***

A ce jour, il semble que l'on connaisse assez mal la distribution des couches sédimentaires profondes formant la pointe de l'aéroport. Les forages y ont été rares ou bien ils sont trop superficiels.

Aucune information n'est donnée in : TRAINÉAU *et al.*, 2006, *Etat des connaissances du potentiel géothermique de Mayotte* ; Rapport final, chap. 4. *Reconnaissance de Petite Terre*, pp. 23-31).

A notre connaissance,

- seul un forage assez profond (50 m) a été réalisé en 1997 au niveau de l'usine de dessalement SOGEA , c'est à dire au Nord-Est de la pointe de l'aéroport et au pied de formations volcaniques de la Vigie (altitude de surface : +16,3 NGM) (fig. ) ;
- tandis qu'une série de forages a été réalisée le long de la bordure Ouest de la pointe, depuis le travers Sud de Sandravouangué, jusqu'à l'extrémité Sud-ouest de l'épi construit en 1995 dans le cadre du 1<sup>er</sup> allongement de la piste d'atterrissage.

#### Forage de l'Usine de dessalement au Nord-Est.

D'après ce forage, au-dessus du niveau 0 du SHOM (soit -1,78 m sous le niveau 0 NGM), on observe ici 3 couches de cinérites :

- une couche superficielle de 4 m d'épaisseur : cinérite altérée jaunâtre, sèche et peu compacte ;
- une couche plus profonde de 11,5 m d'épaisseur : cinérite grise, avec lits de ponces, de sable et de gravier basaltiques, sèche et moyennement compacte ;
- enfin, au niveau du 0 SHOM, une couche de 4 m d'épaisseur : cinérite légèrement altérée, jaunâtre, humide, moyennement compacte avec trace d'hydromorphe.

**Ces couches de cinérites constituent donc la matrice de surface de la pointe.**

Leur épaisseurs paraissent en pente douce vers le lagon, où elles perdraient en épaisseur. C'est la couche inférieure que l'on observe tout au tour de la pointe, le long du rivage, et sur laquelle sont venus se sédimenter des plages médiolittorales qui se sont indurées dans leur masse en beach-rocks, lesquels ont mis à nu alors que la sédimentation de ces plages n'était plus entretenue.

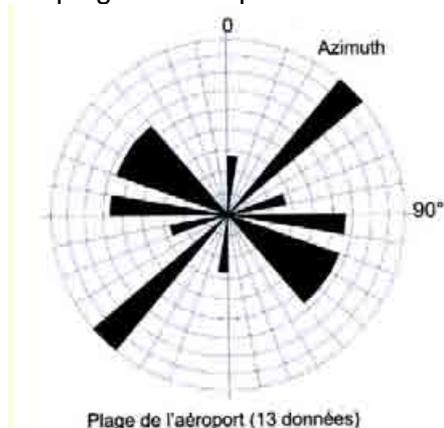


Figure 11. Direction des fissures de la plage Est de l'aéroport (extrait de TRAINÉAU *et al.* 2006, fig. 11, p. 27).

Dans ces cinérites, TRAINÉAU *et al.* (2006) reconnaissent plusieurs familles de fracturation :

- N170-180° correspondant à l'axe de l'alignement des 2 cônes du Dziani Dzaha et de la Vigie, direction présente aux Comores et à Madagascar et « reliée au système de failles transformantes de la Ride de Davie » ;
- N30-40°, dominante ;
- N90-100° ;
- et N110-140°.

Sous ces 3 couches « supérieures », on observe :

- une couche de 6,3 m d'épaisseur (entre -2,7 et -9,05 m NGM) de ponces trachytique, dans une matrice de cinérites, humide et avec trace d'hydromorphie ;

- enfin, une couche de 11,7 m d'épaisseur (entre -9,05 et -19,7 m NGM) de cinérites grises, compactes, riches en éléments grossiers de ponces et de basalte.

**C'est cette couche supérieure de cinérites grises et de ponces qui paraît former la couche profonde de la pente interne Ouest, côté lagon, peu pentue vers le lagon, que l'on observe au Nord des 2 bosquets de palétuviers, sur le milieu de la face Ouest de la pointe de l'aéroport.**

#### Forages réalisés sur le platier du récif de Pamandzi

Des forages ont été réalisés sur le platier du récif de Pamandzi, à l'extrémité de l'ancienne pointe de l'aérodrome avant l'édification en 1995 de l'épi actuel. Leur étude a permis de reconstituer pro parte l'histoire de l'édification de ce récif barrière à l'Holocène (COLONNA, 1994 ; COLONNA *et al.*, 1996 ; CAMOIN *et al.*, 1997 ; THOMASSIN, 1999).

Au début de la déglaciation des pôles, qui fut d'abord modérée puis très rapide, le niveau marin remonte brusquement de près de 50 m (à une vitesse max. >2 cm/an), pour submerger entièrement le sommet de la falaise il y a 14.000 ans environ (pulsation A, ou "Bølling pulse").

Entre temps, l'eau de mer s'est réchauffée rapidement depuis 3.000 ans (dés 17 ka B.P.), permettant à la flore et faune tropicale de reprendre de la vigueur. Des coraux s'installent alors sur ce rebord de la grande falaise, y formant un petit bourrelet. Les sédiments produits par ces formations coralliennes et les flore et faune associées s'accumulent sous l'action des vagues alors en arrière, sur le sommet de cette plate-forme peu profonde. Sous l'eau, au pied de la falaise (100 m plus bas et plus - fonds Circalittoraux du talus -), pratiquement plus rien ne sédimente ; les dépôts sableux en place vont donc s'indurer ; ils se grésifient (formation des "fonds durs" ou "hard-grounds", par cimentation sous-marine).

De nouveau, le niveau marin se met à remonter très vite sous l'effet d'arrivées d'eaux polaires (pulsation B). Il atteint le niveau -60 m par rapport au niveau marin moyen d'aujourd'hui, et il recouvre la seconde terrasse fossile, située plus en arrière, il y a 11.500 à 11.000 ans (équivalent du "Post Younger Drias"). Là, de nouveaux coraux s'installent sur le rebord de cet escarpement. Plus profond, 30 m en dessous, les coraux, qui forment le bourrelet au rebord -90 m de la grande falaise et qui n'ont pu croître verticalement suffisamment vite pour suivre cette remontée brusque des eaux, meurent alors progressivement par manque de luminosité. Ce bourrelet corallien devient un "récif ennoyé", fossile.

Pendant ce temps, la mer a commencé à envahir la cuvette émergée de l'ancien lagon en rentrant par les dépressions des passes ou en percolant à travers la trame récifale ancienne formant le fond de cette cuvette. Les dépressions du lagon se remplissent d'eau, formant des rias et/ou des lacs épars. En bordure de chenaux de fonds de baies, des lambeaux de mangrove s'installent (ainsi que des tourbes fossilisées l'ont montré, à l'ouverture de la baie de Bouéni - EL MOUTAKI *et al.*, 1991).

Par ailleurs, il y a 11.000 ans environ, le climat de Mayotte change brusquement. Alors qu'il était frais et sec précédemment, il devient plus chaud et plus humide, pour ressembler à celui d'aujourd'hui, avec une alternance des saisons (mousson et alizés), ce qui entraîne une modification de la végétation terrestre (fait attesté par les changements des associations polliniques trouvées dans les vases du lagon datées de cette époque).

#### LA CONSTRUCTION DE LA BARRIERE ACTUELLE, HOLOCENE

La mer remonte de nouveau encore très vite entre 9.600 et 7.000 ans B.P. (vitesse de l'ordre de 0,7 cm/an) (fig. 2). Elle atteint, il y a environ 9.000 ans le sommet du vieux platier récifal fossilisé (karstifié, avec des coraux rubéfiés par les oxydes de fer), de l'ancienne barrière Pléistocène, platier situé à -21 m sous la surface actuelle du platier nord du récif de Pamandzi, par le travers de la crique de l'Aéroport (forage PMI-7). Elle recouvre ce platier fossile et alors commence sur celui-ci l'édification de la barrière récifale moderne, ou Holocène. Légèrement plus au Nord, sur les bancs de cinérites accumulées par le volcan de la Vigie, c'est un récif de type frangeant qui se construit (par le travers de la Pte. de l'Aéroport).

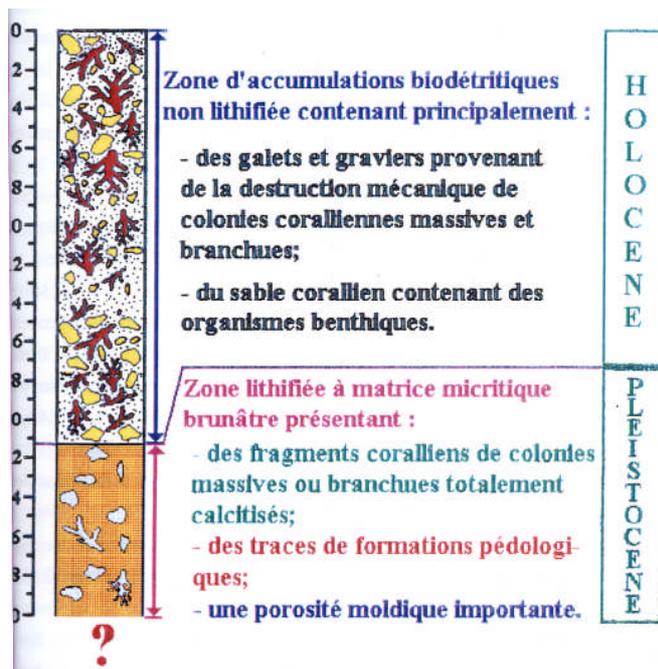


Figure 12. Récif de Pamandzi, travers pointe de l'aéroport avant construction de l'épi : log du forage PMI 7 (extrait de COLONNA, 1994, fig. 58).

Le peuplement constructeur de ce nouveau récif barrière est à dominance d'Acropores aux branches robustes (*Acropora danai* et/ou *A. robusta*). Le récif a peut être commencé par former soit un fonds corallien dense, comme on l'observe sur certaine plate-forme dans des zones relativement calme, soit, plus probablement, par former de grands éperons construits, perpendiculaires au front récifal sur lequel déferlaient les vagues, comme on peut l'observer aujourd'hui dans les passes de la barrière qui se ferment (passe Saziley du Sud ou passe Choazil). Ces grands éperons, d'abord séparés par des sillons, se sont ensuite anastomosés pour ne former qu'un platier, caractéristique de récifs barrières de type "rubané".

Ce récif croît alors très vite en épaisseur, suivant la remontée du niveau marin. En 1.400 ans environ il s'élève de près de 12 m, soit une croissance de 0,86 m par 100 ans. Il est en pleine *phase d'évolution progressive*, caractéristique du "stade juvénile". Partout dans le lagon, les récifs barrières, d'îlots ou frangeants se développent, changeant radicalement le paysage. Puis, la croissance récifale se ralentie, au moins sur le récif de Pamandzi. Les peuplements coralliens n'y construisent plus que près de 2 m d'épaisseur en 1.000 ans (soit 4 fois moins qu'auparavant), entre 8.200 et 7.200<sup>(5)</sup> ka B.P.

Il y a environ 6.000 ans, la remontée du niveau marin se ralentie, permettant aux récifs d'alors de se structurer par comblement des dépressions, cuvettes et sillons, avec stabilisation des profils de pente et de platiers (avec peut être même des phénomènes de surfaçage). On aurait aussi enregistré une petite période de rafraîchissement du climat il y a 4.500 ans, qui ralentie un peu la croissance corallienne. Ce rafraîchissement aurait aussi été observé à la Réunion et Maurice, ainsi que dans les récifs de Polynésie française, à l'autre extrémité de la Province Indopacifique.

Pendant ce temps, le volcanisme de Pamandzi est encore actif par moments, venant affecter la construction corallienne en détruisant des formations en place. Ainsi, une explosion importante arrache des coraux Acropores branchus pour en former des banquettes à la côte, il y a moins de 10.000 ans B.P., à la corne nord de l'île (à l'est des Badamiers). Il y a 4.000 ans environ, un événement catastrophique affecte de nouveau la portion septentrionale du récif de Pamandzi, dont le platier est alors recouvert d'une couche de blocailles (morceaux de coraux très anciens) sur près d'un mètre d'épaisseur. C'est qu'un dernier petit cratère volcanique s'est créé au pied de la Vigie, à travers le récif en construction, formant une vasque d'une centaine de mètres de diamètre et de quelques mètres de profondeur dont le fond est rapidement comblé par des matériaux. Des émanations de gaz carbonique se manifestent toujours aujourd'hui sur le pourtour de cette vasque au sud de la Vigie (par le travers de l'usine de désalinisation d'eau de mer SOGEA), bien observables aux grandes basses-mers de vives-eaux (découverte d'oct. 1997).

Il y a 3.000 ans environ, le niveau de la mer s'arrête de remonter et il se stabilise à son niveau actuel. Le platier récifal de la barrière de Pamandzi continue à se construire grâce au marnage important à Mayotte (près de 4 m). Les coraux construisent encore près de 2,1 m de substrat récifal en 1.700 ans, soit 0,12 m par 100 ans. Le récif a alors atteint son "stade mature".

<sup>(5)</sup> ka = "kilo-année", ou 1.000 ans.

Sur ce récif de Pamandzi, des courants affectant à la fois le platier (fausse passe de l'Aéroport) et la bordure du lagon ont édifié dans une zone d'interférence, il y a 4.000 à 5.000 ans, une importante dune de sable, d'abord submergée, puis émergent y compris aux plus hautes pleines-mers. C'est "l'îlot de sable" du récif de Pamandzi, qui a été autrefois ce qu'est aujourd'hui "l'îlot de Sable Blanc", ou Mtsanga Tsoholé, sur le récif de Saziley du Sud. Les plages successives de cet îlot de sable (encore appelé *caye*) se sont cimentées sous leurs surfaces, dans la zone intertidale ou de balancement des marées, sous l'action de processus physico-chimiques (évaporation-humectation) et bactériologiques, formant ainsi des bancs de grés-de-plage; (ou "*beach-rocks*"). Ces dépôts sableux migrant dans le temps avec les courants pour se stabiliser quelques dizaines d'années en plages, plusieurs dalles de grés-de-plage d'orientations différentes se sont ainsi formées. Puis, ces dalles ont été progressivement mises à nu, surtout quand la *caye* et ses plages n'ont plus été engraisées en sable, alors que les peuplements coralliens du platier se raréfiaient. Aujourd'hui, la *caye* a quasiment disparue. Les alignements de dalles dessinent le pourtour des anciennes plages de l'îlot qui s'étendaient sur plusieurs centaines de mètres ; certains grès mis à nu depuis ont été phosphatisés par les excréments des oiseaux marins (guano) qui s'y posent ; les pêcheurs y ont même gravé 2 jeux de "m'ra" pour y passer le temps!

Depuis plus de 1.500 ans, les peuplements de ce platier n'évoluent plus. Au contraire, l'activité corallienne s'est ralentie, l'érosion et la sédimentation ont nivelé le platier, un concrétionnement corallo-algaire forme même par endroits une véritable dalle, encombrée de débris coralliens (petits blocs) et peuplée de colonies coralliennes résistantes, éparses (petits *Porites* massifs, petits *Pocillopora*, massifs de *Goniastrea*). Sur le front récifal, en arrière du déferlement, apparaît à la saison fraîche une ceinture d'algues brunes (algues en "pompons", *Turbinaria ornata* et *T. sargassifolium*) dont les thalles se détacheront à la saison chaude pour être entraînés par les courants, alors que subsisteront les crampons de celles-ci.

L'évolution est devenue alors *régressive* et les peuplements récifaux ont atteint leur stade ultime, le "stade sénescence". Il faudrait que le niveau de la mer augmente à nouveau, par transgression lors d'une phase de déglaciation comme on nous en annonce une (sous "l'effet de serre") ou par subsidence du récif, pour que les peuplements coralliens reprennent toute leur vigueur et qu'ils édifient verticalement un nouveau substrat.

Seulement sur l'arrière du platier du récif barrière, en pente douce, peuvent s'installer dans les zones proches de terres émergées (nécessité d'apports terrigènes) des herbiers mixtes de Phanérogames marines (des iris sous-marins, qui fleurissent de temps à autre, encore appelés "herbes à tortues marines", avec des *Thalassodendron ciliatum*, des *Syringodium isoetifolium*, des *Cymodocea* spp., des *Halodule* spp. et des *Halophila* spp.). Sur la pente interne de la barrière, dans le lagon, nombreux sont les pâtés coralliens de taille métrique et décimétrique qui s'y développent, formant des pâtés coralliens de pente interne, qui pourront se souder entre eux et permettre ainsi un élargissement du platier par progradation interne.

Les forages récents (2006) réalisés sur le pourtour et sur le platier plus externe en avant de l'épi actuel confirment ces observations (fig. ).

A la base de l'épi actuel, sur le bord Ouest, dans le creux de l'ancien déversoir de platier (SD7), c'est une épaisseur de 8 m de formations récifales (sables et blocailles) qui recouvre la couche de cinérites à passées plus ou moins dures (stratification ?) et ponces reconnue dans les forages SD2, SD5 et SD6. Sur le platier en avant de l'épi actuel (SD8 et SD9), on retrouve les 2 couches de matériaux coralliens observées dans les forages précédents :

- la couche supérieure (9 à 8 m d'épaisseur) correspondant au récif construit entre aujourd'hui et après 8.000 ans B.P. environ ;
- la couche profonde (près de 22 m d'épaisseur) correspondant au récif construit lors de la phase rapide de remise en eau du lagon sur le vieux récif Pléistocène fossilisé (retrouvé à -21 m dans le forage PMI.1).

En surface, la distribution des différents biotopes dans le secteur de la pointe Sud de Pamandzi a été cartographiée depuis 1987. On peut suivre ainsi l'évolution spatio-temporelle de ces derniers (CETE, 1987 ; CETE, 2003 ;



Figure 13 . vue aérienne verticale du Sud de l'île de Pamandzi et de la pointe de l'aéroport et du Nord du récif de Pamandzi : situation des forages importants réalisés à terre (usine de dessalement SOGEA, 1997) et en mer (campagne de 2006).

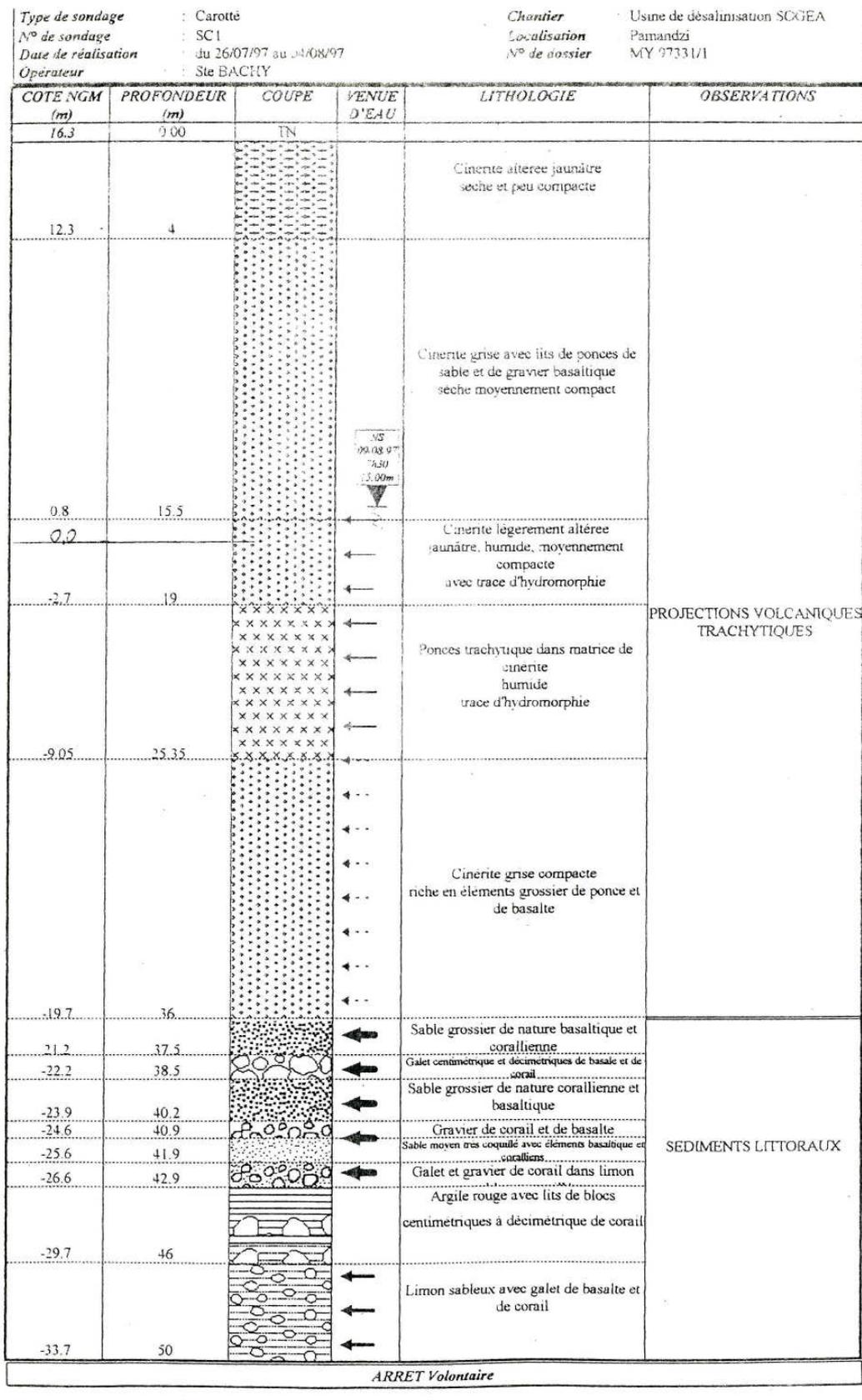


Figure 14. Coupe lithologique du forage SOGEA / Ste. BACHY, SCI, réalisée en bordure des falaises de cinérites, dans la concession de l'Unité de dessalement de Petite Terre (extrait de FLEURIE C., 1997, Géotechnique & Contrôles, Mamoudzou, repris par THOMASSIN, 1997, P. 5).

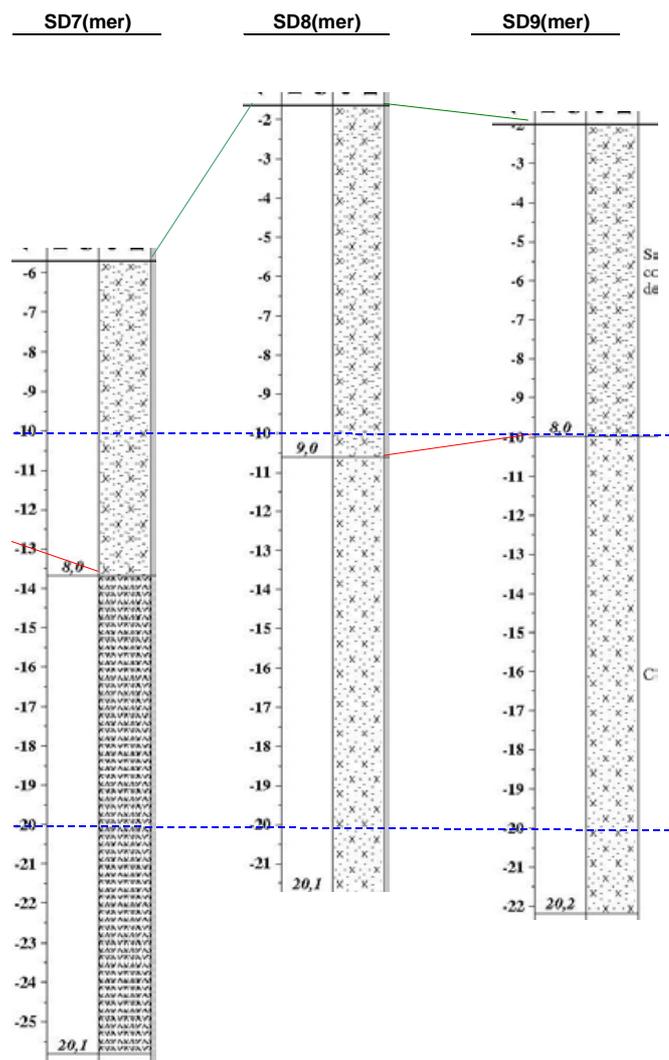


Figure 15. Récif de Pamandzi, logs des forages de 2006 réalisés sur le bord Ouest de l'épi de 1995 (SD7 mer) et sur le platier dans l'axe du prolongement de l'épi actuel (SD8 et SD9 mer).

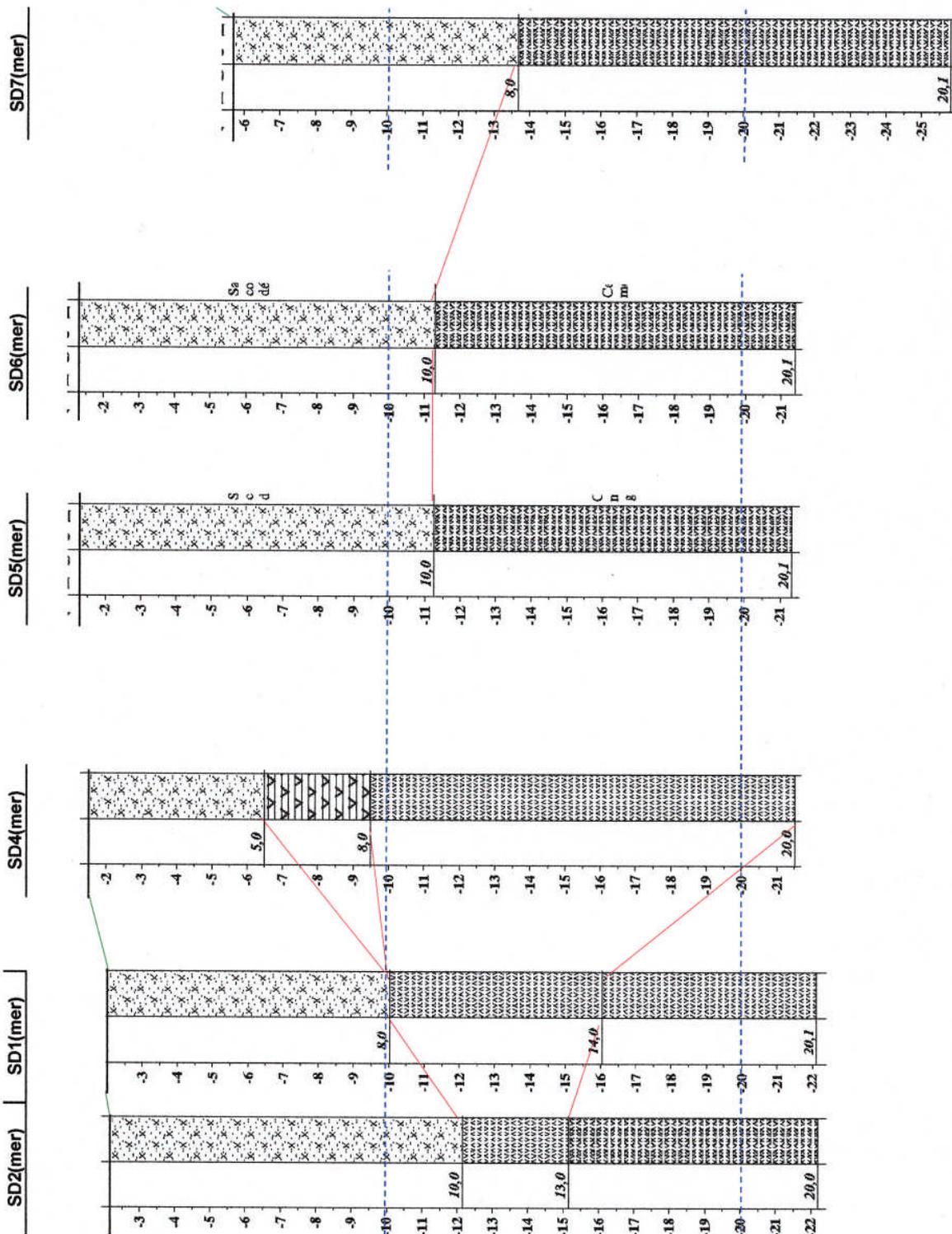


Figure 16 . Bordure Sud-Ouest de l'île de Pamandzi (depuis le travers Bandrabassi vers la pointe de l'aéroport) : logs des forages en mer réalisés en 2006.

### Hydrographie de la Pointe de l'aéroport et du secteur de Bandrabassi

Tout le littoral Ouest de la pointe de l'aéroport n'est drainé que par des ravines, à prédominance « pluviale », qui s'ouvrent en haut de plage.

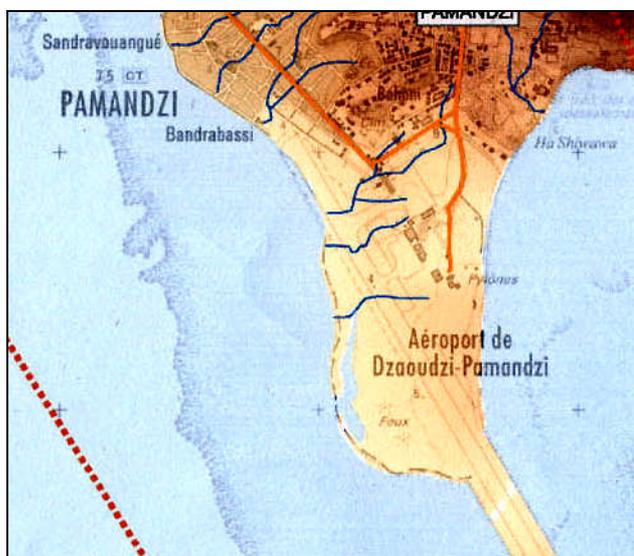


Figure 17. Positions des ravines pluviales s'ouvrant sur le littoral Ouest, côté lagon (extrait de rapport ASCONIT, 2009).

Quant à la piste et toute la pointe de l'aéroport, les pluies s'infiltrent dans les sols ou ruissellent en se concentrant au niveau de ravines dont les plus importantes s'ouvrent sur les plages Ouest ou à travers les falaises de cinérites, à l'Est (dont une au milieu de la plage Est qui draine une partie du village de Pamandzi Est et les zones de stationnement et enherbées de l'aérogare).

## 2. ENSEIGNEMENTS A TIRER DE L'EDIFICATION EN 1994-1995 DE L'EPI PROLONGEANT DE 500 M LA PISTE SUR LE PLATIER RECIFAL

### 2.1. Pendant la phase des travaux

A/ Une augmentation de la turbidité des eaux et une distribution de matériaux sédimentaires fins sur tout le platier au niveau du déversoir primitif.

Pendant la phase des travaux, les écrans géotextile qui avaient été mis en place sur le platier afin de limiter la dispersion de particules terrigènes fines n'ont pas tenu sous l'effet des vagues et des courants.

La solution palliative à cette impossibilité a été de construire 2 merlons rocheux « propres » (matériaux de remblai de taille « gravillons ») d'une 50aine de mètres, destinés à limiter l'action de la houle sur le remblai central (ARVAM/SPEM, 1996, p. 25). Le barrage remis entre les merlons n'a pas tenu par la suite et une dispersion importante des fines a été alors constaté (en janv. et avril 1995). Plus tard (octobre 1995) on constatait toujours une importante nappe de turbidité de l'ensemble du secteur concerné par le remblai.



Figure 18. pour légende cf. ci-après.

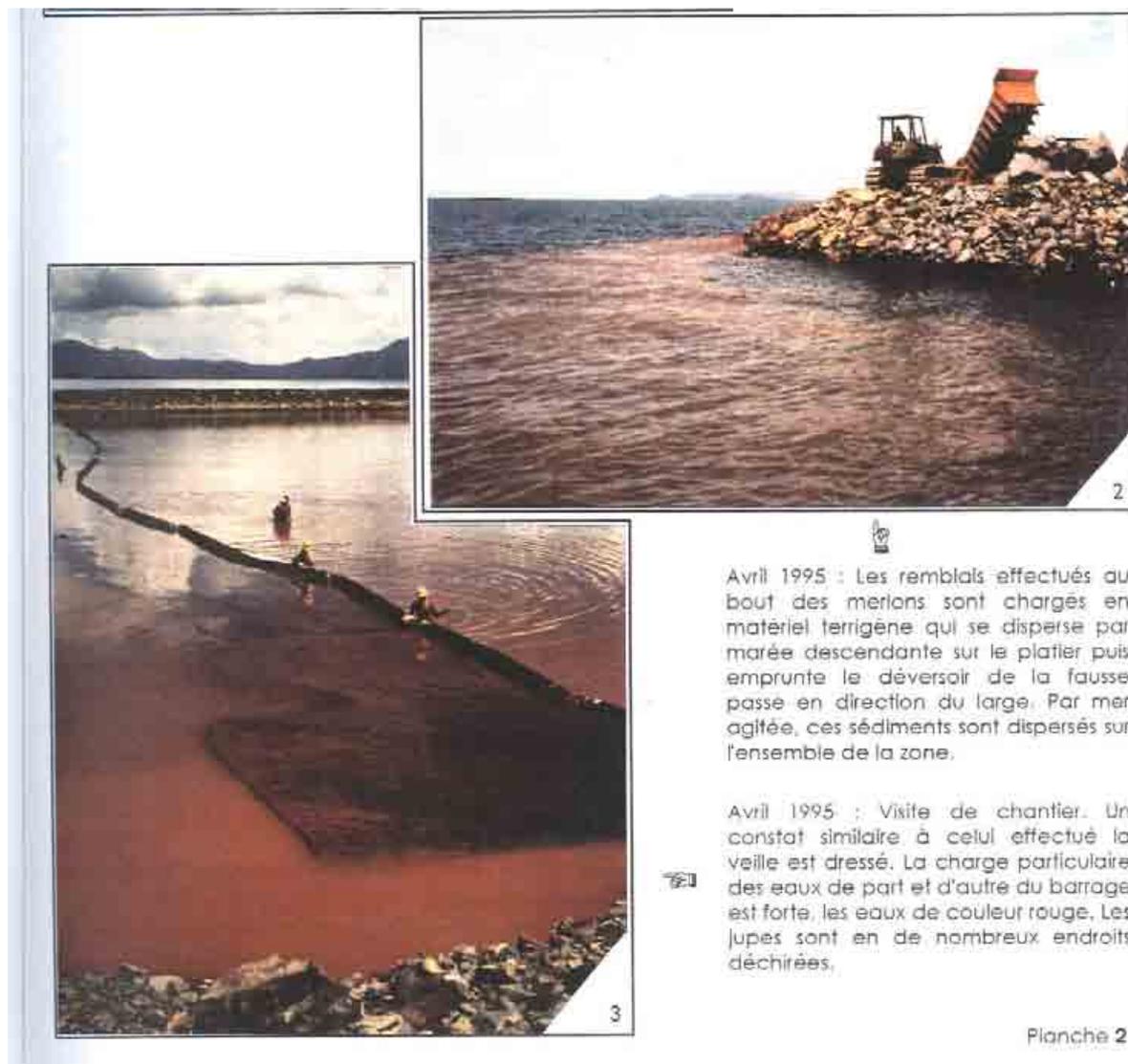


Figure 18 . Pointe de l'aéroport et impacts des travaux de construction (entre sept. 1994 et 1995) de l'épi prolongeant la piste (extraits de ARVAM / SPEM, 1996, Pl. 1 et 2).

Durant ces travaux, c'est le flanc Est, côté large, qui a subi des apports importants de matériaux terrigènes. Par la suite, ces fines sédimentaires ont été lessivées par les courants, mais alors transportées sur les pentes externes et surtout interne du platier.<sup>4</sup>

Toutefois, selon les conclusions de l'étude ARVAM/SPEM (1996) «les peuplements coralliens de pente interne comme de pente externe ne « semblaient pas avoir souffert des excès particulière épisodiques » auxquels ils avaient été soumis.

Par ailleurs, durant cette phase travaux, contrairement à ce que l'on pouvait penser (cf. THOMASSIN *et al.*, 1992 ; BERLAND *et al.*, 1994 ; QUOD, TURQUET et coll., 1996 ), il n'avait pas été constaté de modifications significatives des peuplements de Dinoflagellés benthiques, potentiellement toxiques , responsable d'une chaîne ciguatérique.

<sup>4</sup> Ces apports massifs de particules fines terrigènes créant des eaux rouges ne sont pas sans rappeler le rejet massif, « accidentel », le 25 août 2006, de sédiments vaseux du même type, sur les estrans et récifs internes de Longoni (récif et pâtés coralliens de l'île Blanche, récif Longoni balise), lors de la construction de la route menant au terminal pétrolier du port.

## 2.2. Impact post-chantier sur les biotopes et les communautés benthiques de ce secteur du récif de Pamandzi.

L'épi de 500 m construit en 1994-95 a donc coupé l'ancien déversoir de platier qui existait en avant de l'ancienne pointe de l'aéroport.

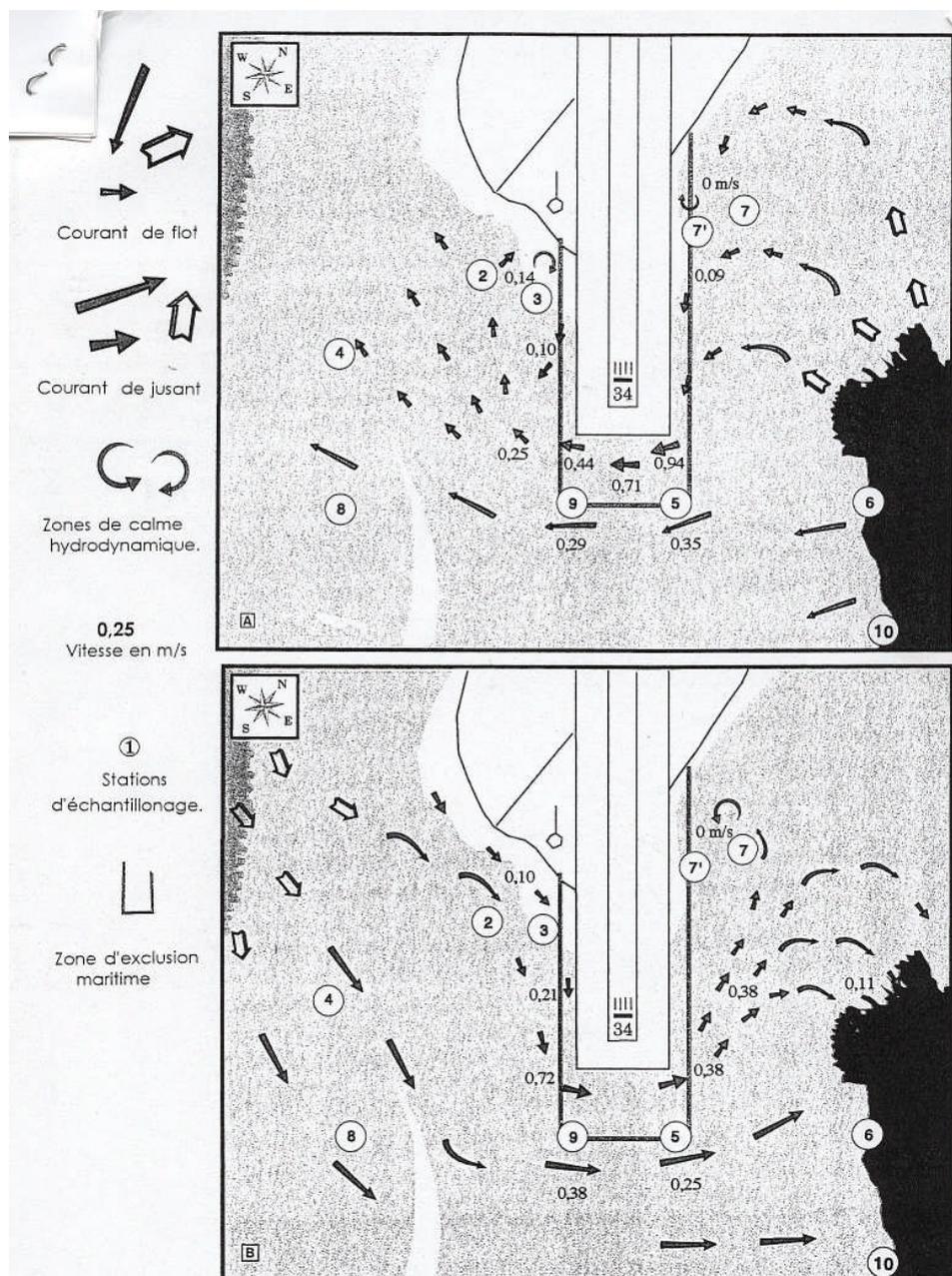


Figure 19. Pte de l'aéroport et Nord du récif de Pamandzi : Schéma des courants de jusant et de flot observés après construction en 1995 de l'épi prolongeant la piste (extrait ARVAM/SPEM, fig. 6).

Les courants sortant du lagon au jusant, comme les courants océaniques rentrants lors du flot, ont alors du contourner l'obstacle qu'était ce nouvel épi. Il s'en est donc suivi une modifications de cette courantologie locale., avec :

- creusement à l'extrémité du nouvel épi d'un nouveau déversoir de platier, donc une phase érosive avec destruction des peuplements alors en place et modification de la sédimentation sur ce platier ;

- création de tourbillons (= vortex) au pied de l'épi, que ce soit à l'Ouest comme à l'Est.

Ce schéma courantologique a été confirmé par la modélisation hydrodynamique des impacts de 3 variantes du projet de piste longue, réalisé en 2011 par SOGREAH.

En ce qui concerne les modifications des biotopes et des peuplements qui ont suivi la construction de cet épi, on dispose de cartographies et de vues aériennes verticales qui permettent d'apprécier, en détail, cette évolution spatio-temporelle (CETE, 1987 ; ARVAM, 1994 ; CETE, 2002-2003 ; vues IGN de 1959, 1967, ...).

Déjà entre les vues de 1959 et de 1969, donc avant la construction de l'épi, on constate une modification de l'extension des taches d'herbiers et des dépôts sédimentaires. Durant ces 10 années, il y a eu une évolution « normale » des biotopes sous l'influence de divers facteurs (diminution des apports sédimentaires à partir du front du récif ?, impact de tempêtes ou de cyclones ?, etc.).

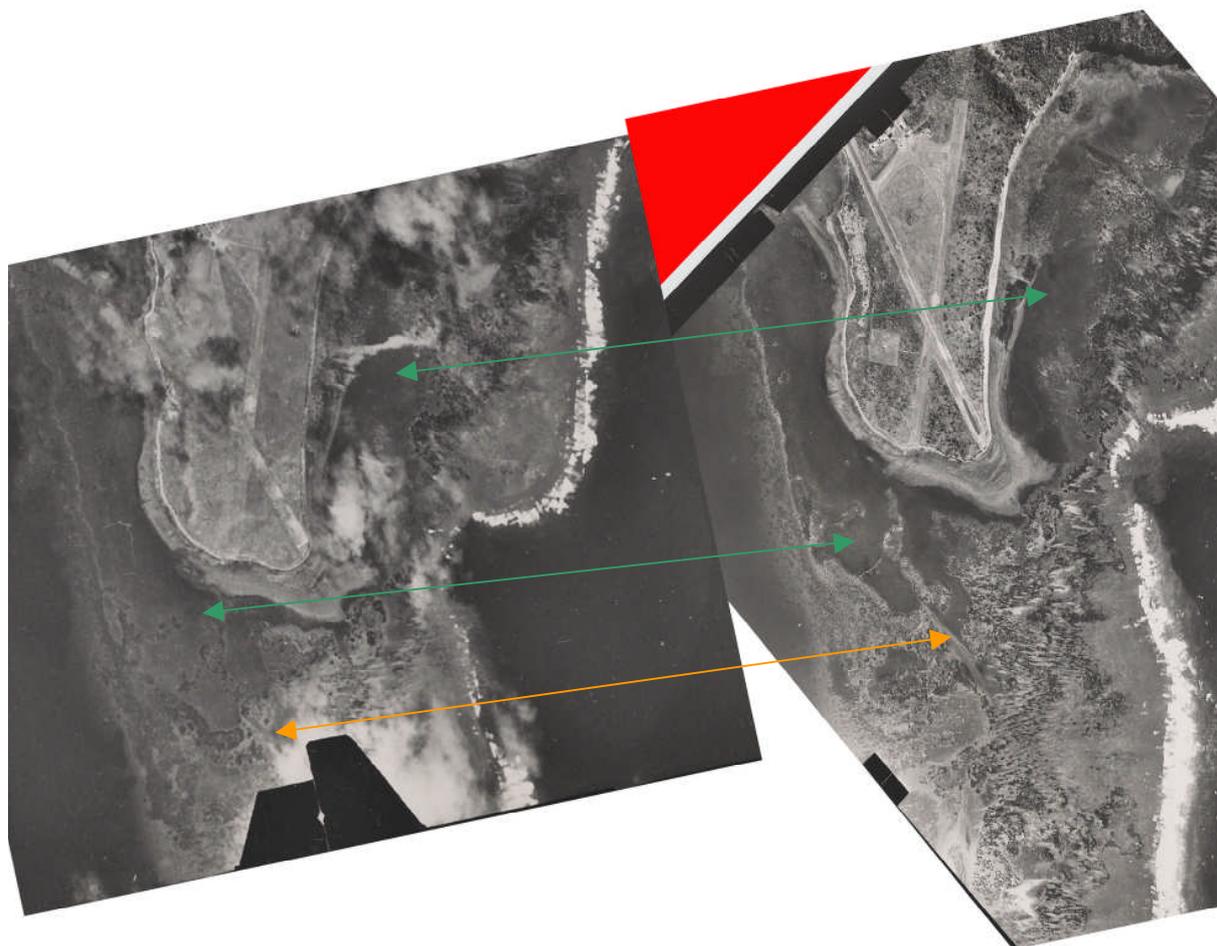


Figure 20. Vue aérienne verticale de la pointe de l'aéroport en 1959 et 1969.

On distingue bien le morcellement et la régression de la surface des taches d'herbiers de phanérogames denses sur le bord Ouest de la pointe, côté lagon, ainsi que sur le bord Est, côté large, au Nord de la crique externe des Aviateurs.

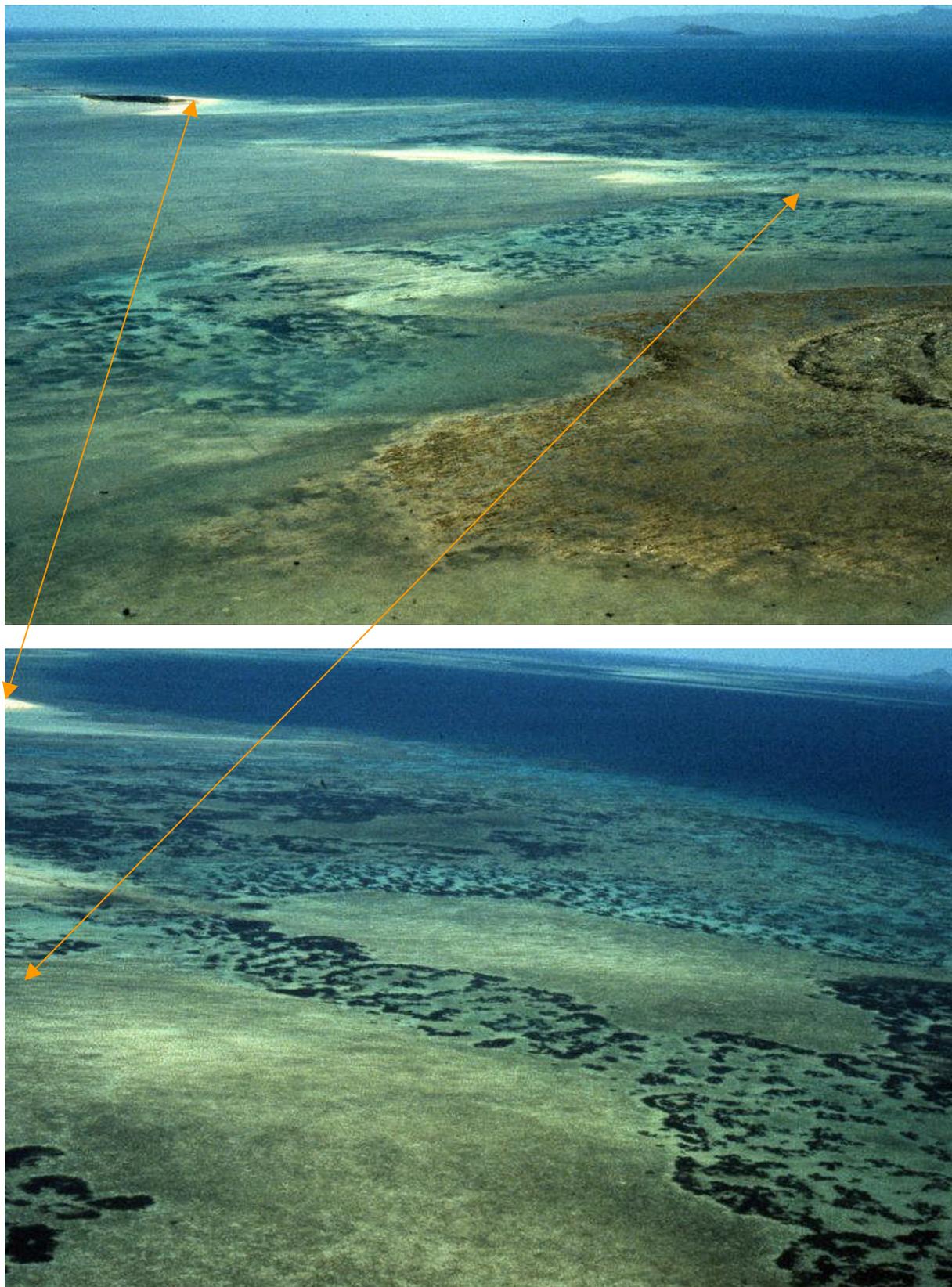


Figure 21 Vues aériennes obliques d'Octobre 1990 des fonds à l'extrémité de la pointe de l'aéroport et des taches d'herbiers de phanérogames denses (en foncé) (photos B.A. Thomassin MAY.90.5773 & 5777).

Carte géomorphologique et sédimentologique du récif barrière et de la frange littorale - Sud de l'île de PAMANDZI

Echelle : 1/10.000ème



Figure 22A. Légende carte des fonds en 1987 (d'après CETE 1987).

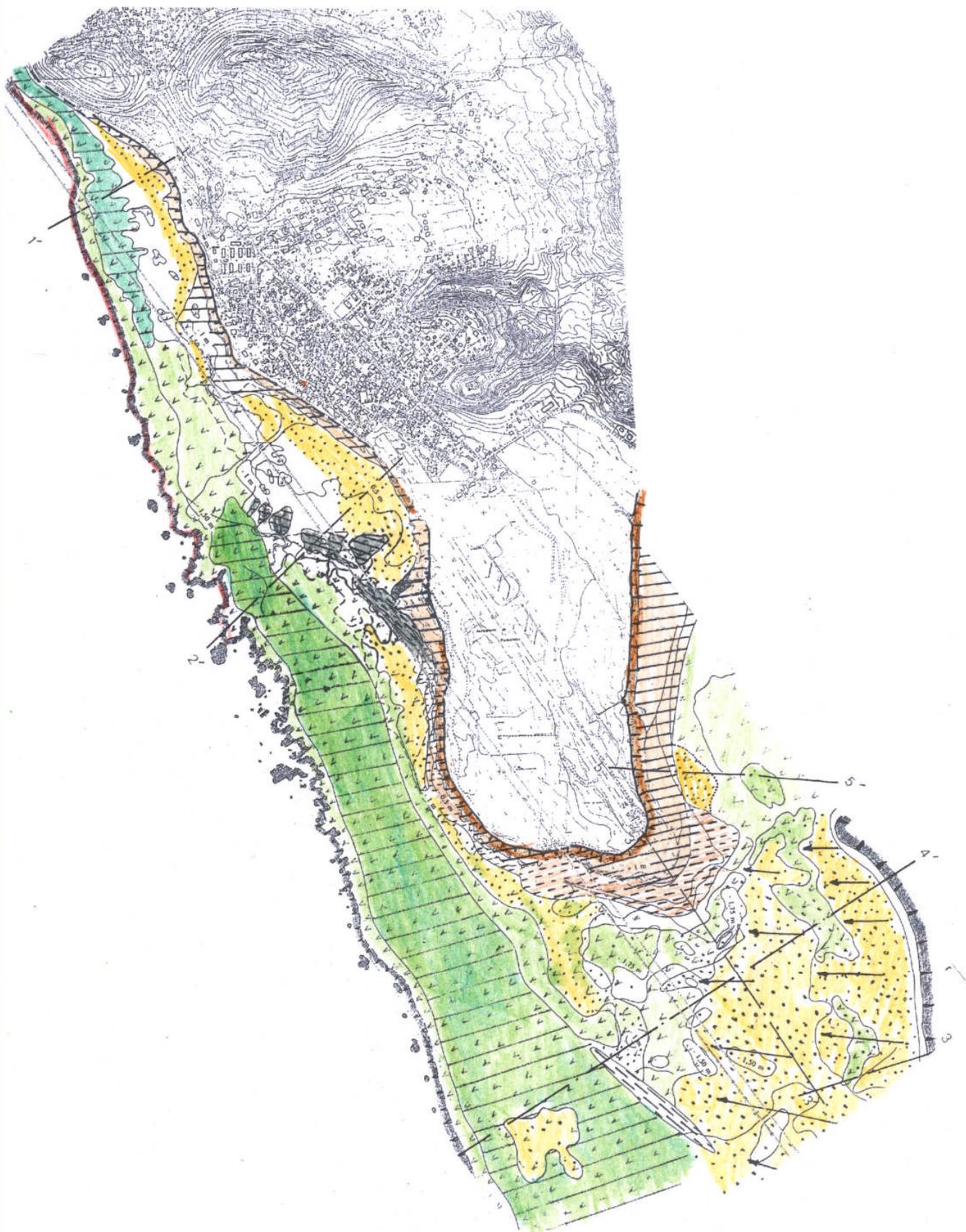


Figure 22B. Pointe de l'aéroport : carte des fonds en 1986 ? (d'après CETE 1987).



Figure 23A. Légende cartographie des fonds de la Pte. de l'aéroport (extrait ARVAM / SPEM, 1994, p. 18).

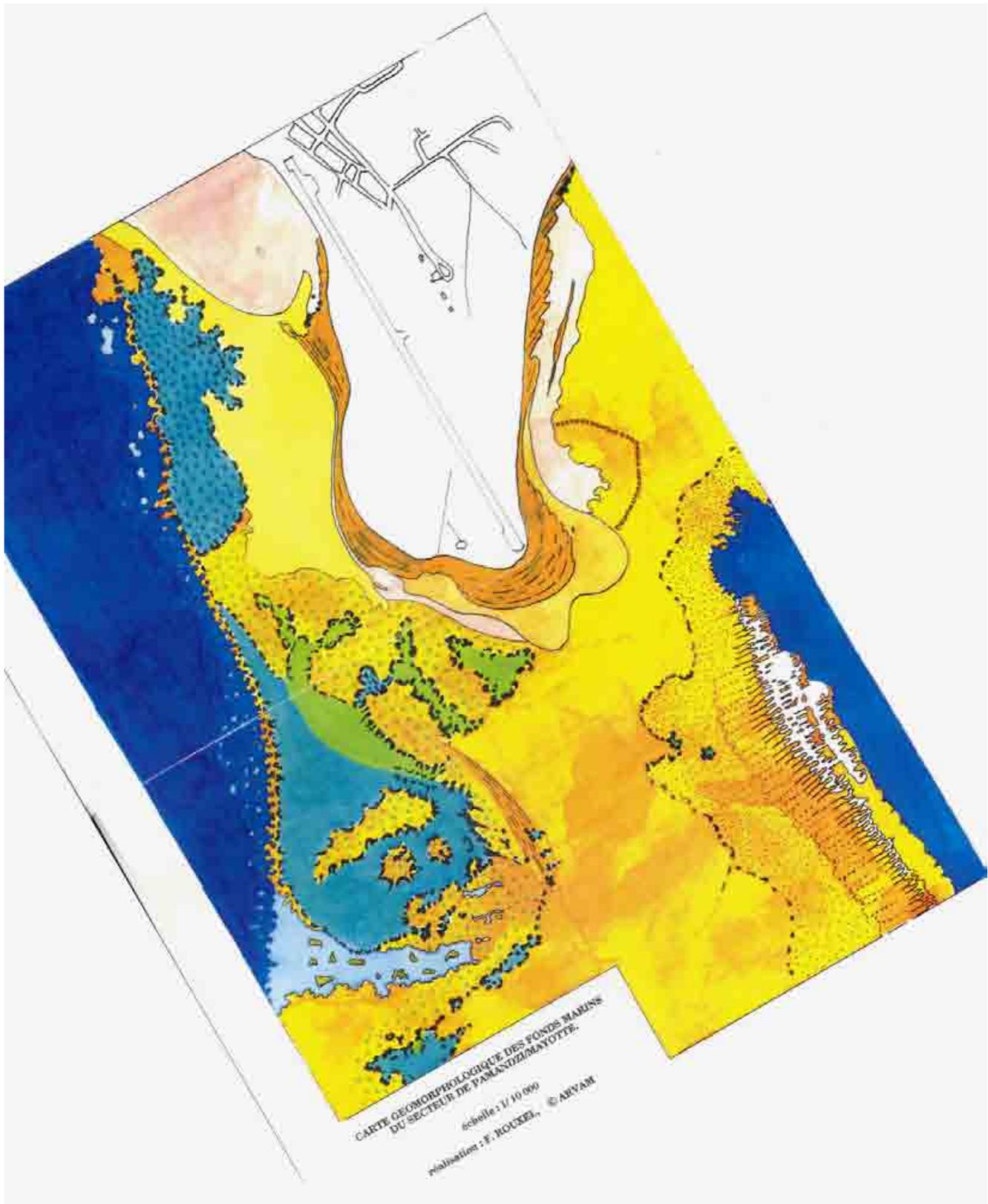


Figure 23B. Cartographie des fonds de la Pointe de l'aéroport en 1994, juste avant la construction de l'épi prolongeant l'aérodrome (extrait ARVAM 1994).

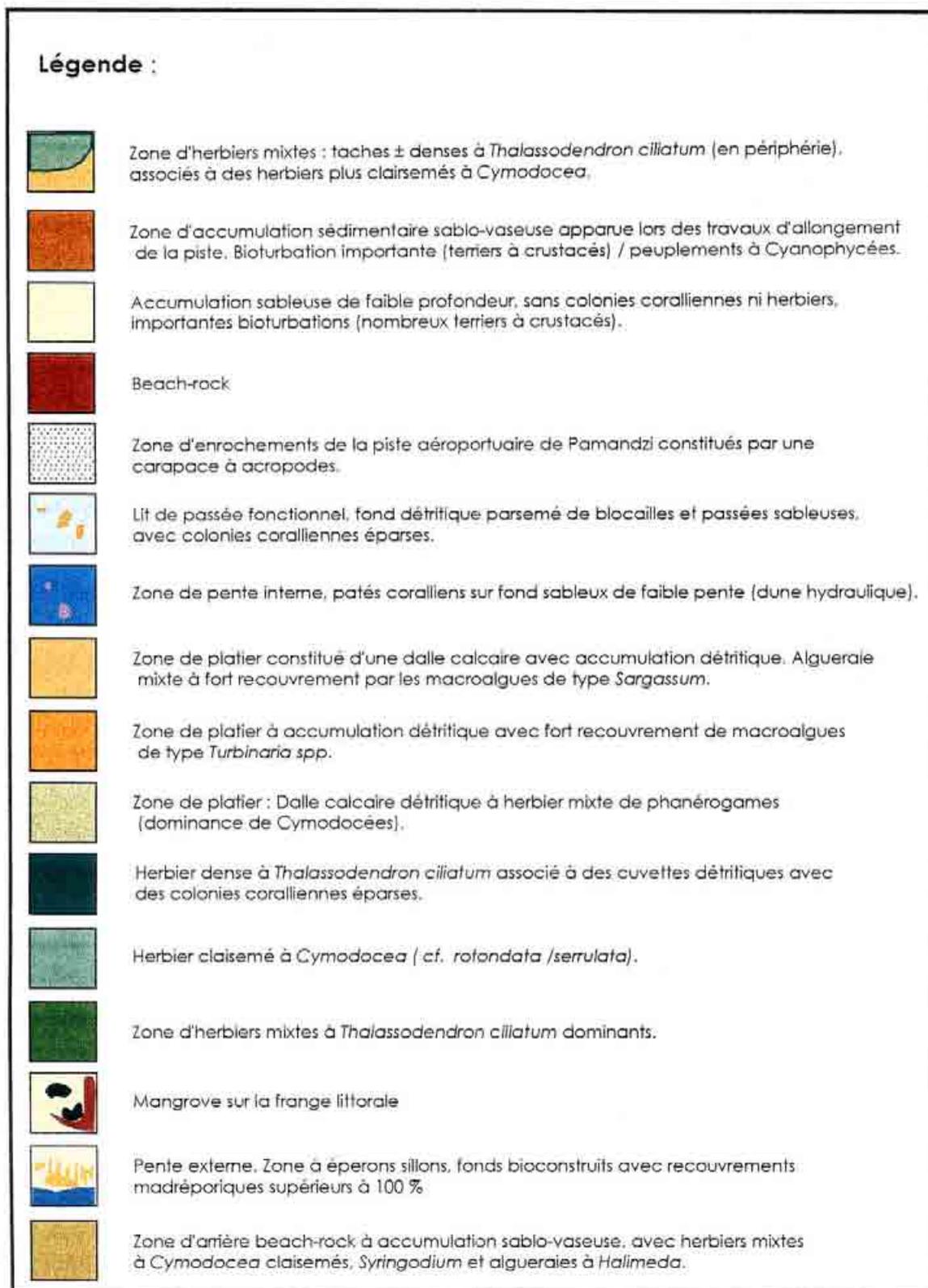


Figure 24A. Légende cartographie des fonds de la Pte. de l'aéroport (extrait ARVAM, 1996, fig. 7).

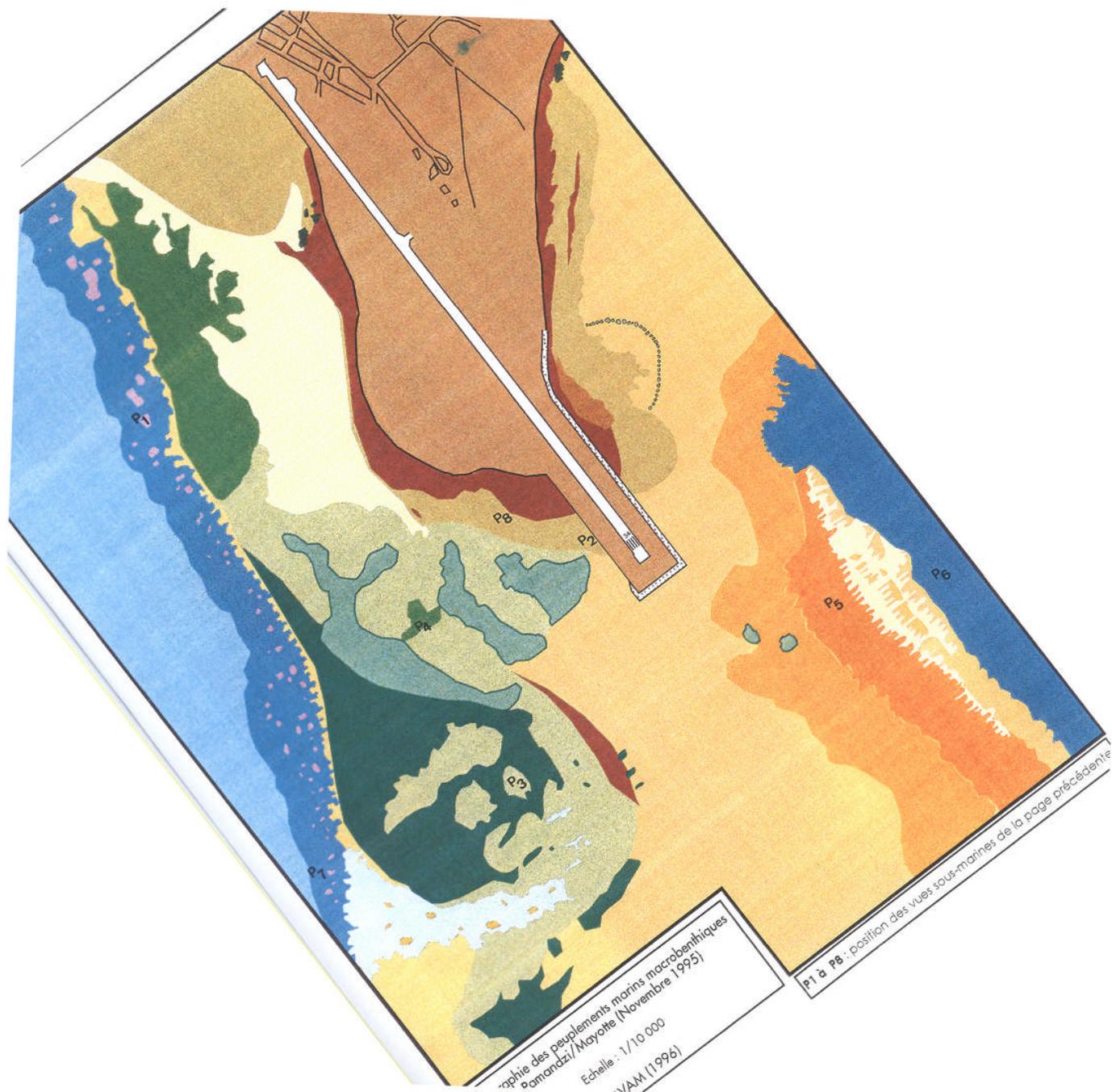


Figure 24B. Cartographie des fonds de la Pointe de l'aéroport en novembre 1995, juste après la construction de l'épi prolongeant l'aérodrome (extrait ARVAM 1996, fig. 7).

## Récif frangeant de récif barrière

### Pente externe

- 2.1 : fonds sableux à sablo-vaseux
- 2.2.1 : pâtés coralliens dispersés à CV Forte
- 2.2.2 : pâtés coralliens dispersés à CV Faible

### Platier

- 2.3.1 : front récifal et tombant à CV forte
- 2.3.2 : front récifal et tombant à CV moyenne
- 2.4 : sablo-vaseux à algueraie *Dictyota* sp. et *Padina* sp.
- 2.5 : herbier mixte clairsemé à dominance de *Syringodium* sp., *Halophila* sp. et *Halodule* sp.
- 2.6 : herbier mixte moyennement dense à dominance *Syringodium* sp., *Halophila* sp. et *Halodule* sp.
- 2.7 : DAR herbier envasé et épiphyté à dominance *Syringodium* sp., *Halophila* sp. et *Halodule* sp.
- 2.8 : substrat sableux
- 2.9 : beachrock
- 2.10 : digue
- 2.11 : DAR à accumulation sablo-vaseuse avec herbier mixte clairsemé à dominance *Halodule* sp.

## Récif Barrière

### Pente interne

- 3.1 : fonds sableux à sablo-vaseux
- 3.2 : pâtés coralliens à CV forte
- 3.3 : éperons et sillons à CV forte
- 3.4 : collecteur de platier à éperons et sillons CV forte

### Platier

- 3.5 : herbier mixte à dominance de *Halodule* sp., *Cymodocea* sp. et/ou *Thalassia* sp.
- 3.6 : algueraie mixte à dominance de *Sargassum* sp. et *Padina* sp.
- 3.7 : herbier mixte dense à dominance de *Halodule* sp., *Cymodocea* sp. et/ou *Thalassia* sp.
- 3.8 : algueraie mixte à dominance de *Dyctiota* sp., *Asparagopsis* sp. et *Turbinaria* sp.
- 3.9 : front récifal à petit alignement transversal / algueraie mixte à dominance de *Dyctiota* sp.
- 3.10 : cave corallienne et beachrock

### Pente externe

- 3.11 : horizon supérieur des éperons et sillons à CV faible à moyenne
- 3.12 : dépression sableuse sous éperons
- 3.13 : horizon inférieur des éperons et sillons à CV moyenne
- 3.16 : éperons et pâtés coralliens à CV moyenne

## Complexe de récif barrière avec frangeant

### Platier

- 4.1 : plate forme d'abrasion basaltique
- 4.2 : mangrove
- 4.3 : herbier à *Halodule* sp. dominants sur sable et débris coralliens
- 4.4 : herbier clairsemé à dominance de *Halodule* sp. et *Cymodocea* sp. + algueraie sur petits alignements transversaux
- 4.5 : algueraie à dominance de *Sargassum* sp., *Padina* sp. et *Dyctiota* sp. sur petits alignements transversaux
- 4.6 : vasque avec débris coralliens
- 4.7 : algueraie à dominance de *Turbinaria* sp. et *Dyctiota* sp.
- 4.8 : front récifal à dominance de *Dyctiota* sp., *Turbinaria* sp. et *Asparagopsis* sp. / CV 5% avec ACD et POC

### Pente externe

- 4.9 : horizon supérieur des éperons et sillons / CV 10% avec ACD, POC et ACT
- 4.10 : horizon inférieur des éperons et sillons / CV 30% avec ACT

## Littoral

- plage
- ébouli

Légende figure 25

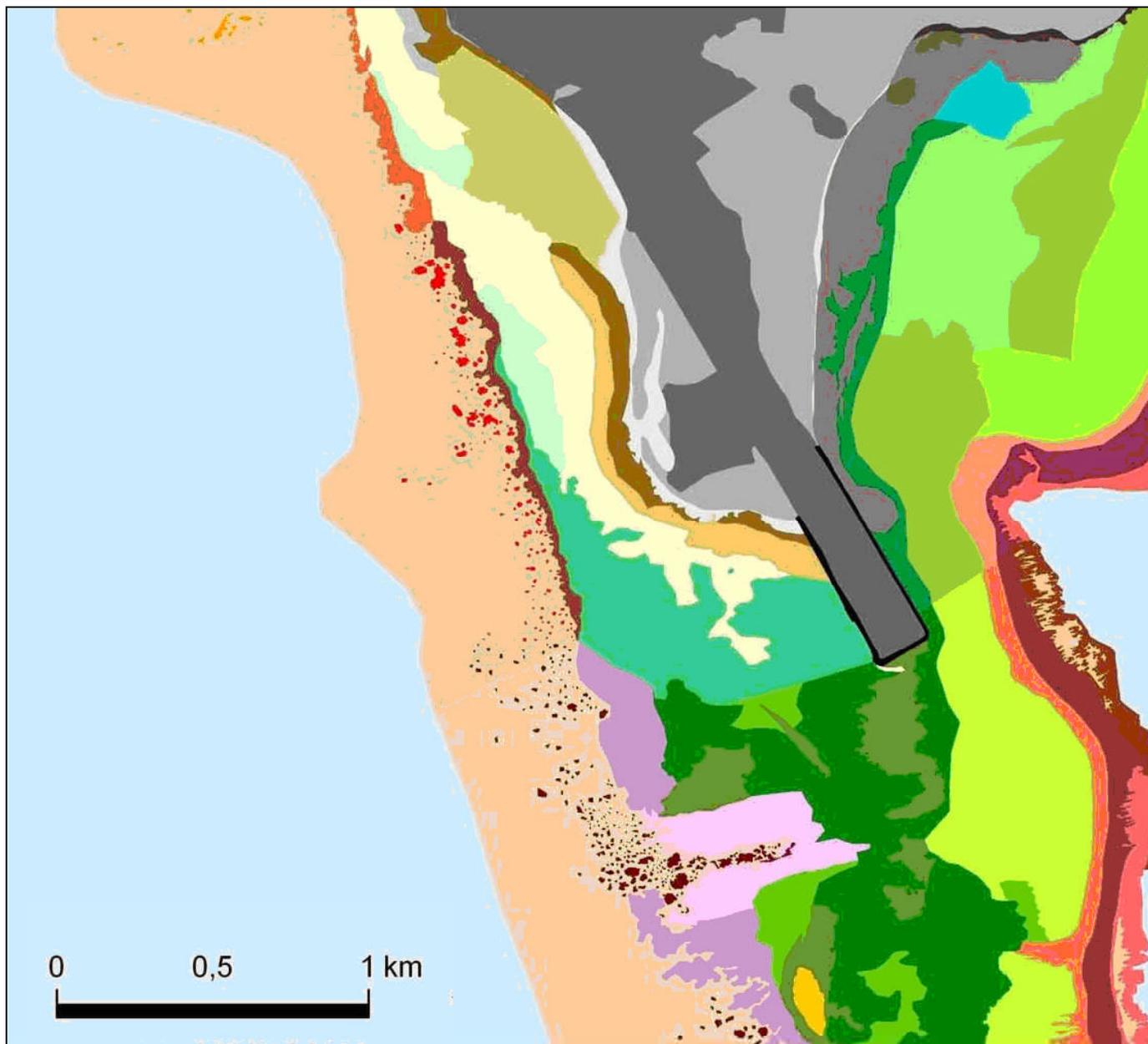


Figure 25. Cartographie des fonds de la Pointe de l'aéroport en novembre 2009 (extrait de PARETO/ARVAM/LAGONIA/APNEE, *in* : Etude d'impact, juin 2010).

Il est bien dommage que les biotopes reconnus et les figurés utilisés ici ne soient pas les mêmes que de la cartographie de 1995 (fig. 20), ce qui aurait permis une meilleure comparaison de l'évolution des fonds à près de 14 ans d'intervalle.



Figure 26. Vue aérienne de la pointe Sud de la piste et du secteur Nord du récif de Pamandzi, au Nord de l'îlot de sable, en septembre 2009 (d'après Google Earth).

Malgré que cette vue satellitaire ait été prise lors d'une marée haute (on distingue les trains de vagues passant sur la moitié externe du platier), on distingue surtout les passées sédimentaires au Sud-Ouest de la pointe de l'aéroport du déversoir de platier contournant l'épi, ainsi que les grandes taches d'herbiers de phanérogames entre ce déversoir et celui plus au Sud, au Nord-ouest de l'îlot de sable.

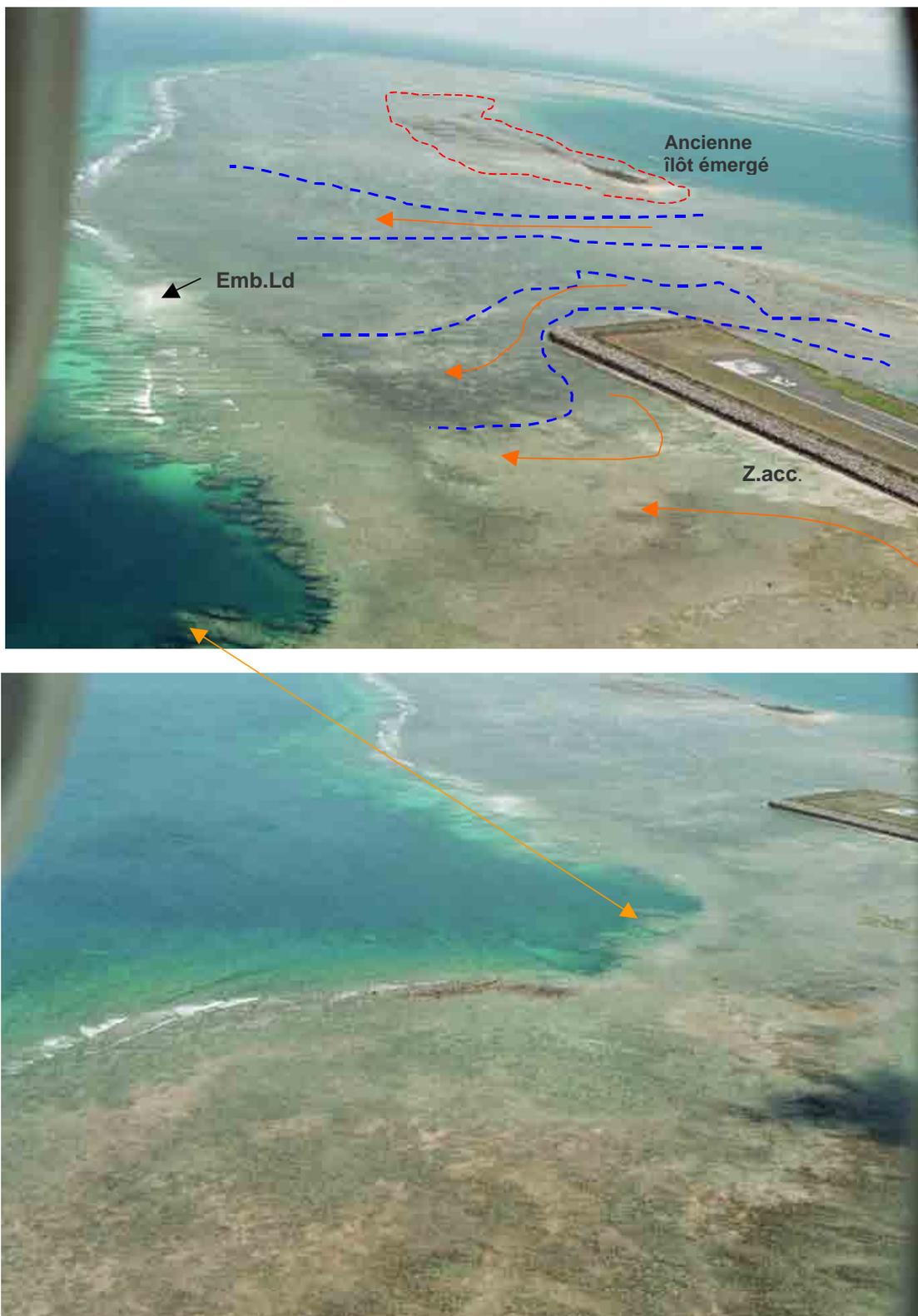
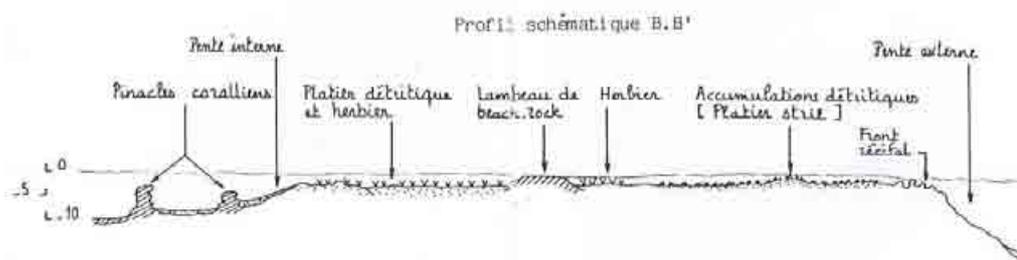


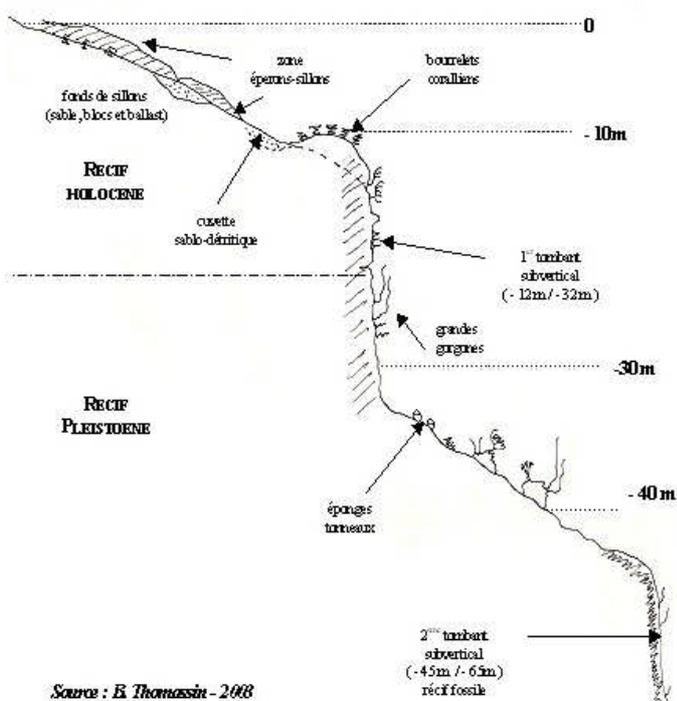
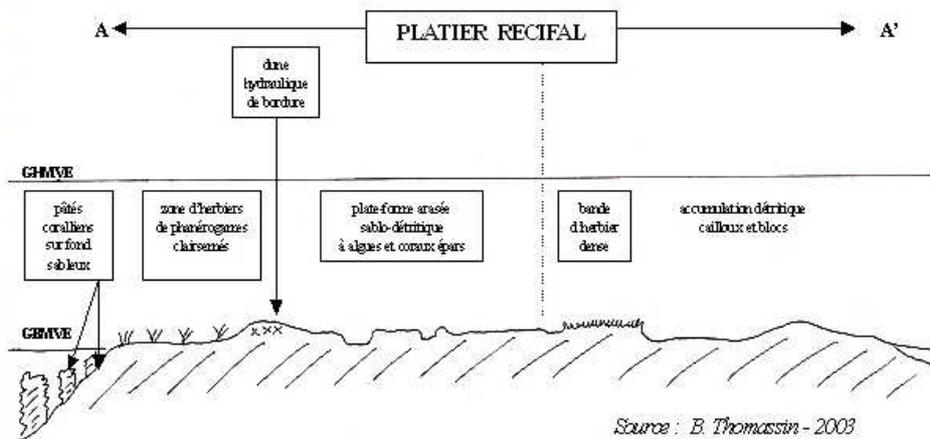
Figure 27. Vues aériennes obliques de l'extrémité Sud de l'épi de la piste aéroportuaire et des fonds du récif barrière de Pamandzi et du pourtour de l'îlot de sable (haut) et de la crique externe des Aviateurs du Sud du platier du récif frangeant externe de la pointe de l'aéroport (bas) (photos B.A. Thomassin, n°  
 Z.acc = zone d'accrétion sédimentaire ; Embld = embryon de levée détritique sur platier externe.



Figure 28. Vue aérienne verticale IGN 1997 et positions des 2 coupes schématiques des biotopes du platier : en blanc, coupe BB' de 1987 (CETE 1987) et de 2002 (THOMASSIN, 2002 in : CETE, 2004).



1987 – Coupe BB' (extrait CETE 1987)  
Figure 28A



2002 – Coupe légèrement au Sud de BB' de 1987 (extrait CETE 2004)  
Figure 28B

En comparant les différentes cartographies de 1986?, 1994 et 1995, on constate un morcellement des herbiers sur la bordure interne du platier Sud-Ouest, au niveau de l'ancien et du nouveau déversoir creusé après octobre 1995.

DINHUT (comm. Pers. Juin 2011) cartographie en 2010-2011 les herbiers de phanérogames du secteur de la pointe de l'aéroport ainsi (fig. 29).

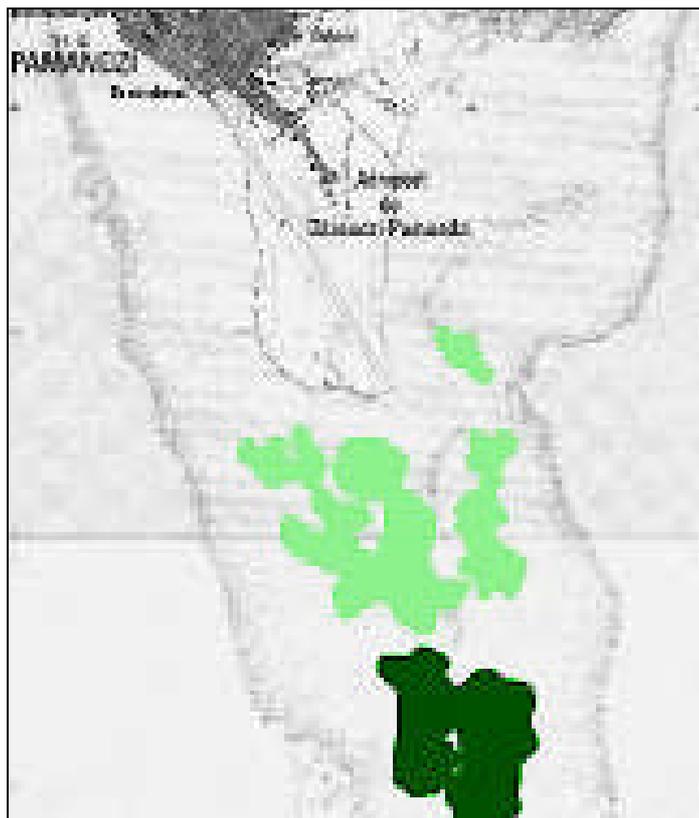


Figure 29. Carte de herbiers de phanérogames marines du Nord du récif de Pamandzi (d'après DINHUT, comm. pers. 2011, relevés de 2010-11).

Par ailleurs, la zone située à l'Est de la pointe et légèrement au Nord de la base de l'épi a fait l'objet d'un engraissement, sous l'effet du vortex créé par l'édification de l'épi en 1995.

Au contraire, la plage Est de la pointe de l'aéroport paraît avoir régressé notamment sous l'effet d'une modification de l'hydrodynamisme dans ce secteur (DE LA TORRE *et al.*, 2006).

Ces auteurs constatent que le recul des falaises a été plus important pendant la période 1997-2003 comparé auparavant (fig. 30).

Ainsi, d'après leur graph , on peut calculer que le recul a été de :

- pour la période 1949-1969 : 0,23 m/an,
- pour la période 1969-1989 : 0,325 m/an,
- pour la période 1989-1997 : 0,486 m/an,
- enfin,
- **pour la période 1997-2003 : près de 0,83 m/an, ce qui est important.**

Il y a donc eu une nette accélération de l'érosion après 1997, donc postérieurement à la construction de l'épi en 1995.

Il faut donc attribuer cet impact à la construction de l'épi qui a eu comme effets : « une modification des processus hydrodynamiques et des échanges sédimentologiques au pied de la falaise, ce qui peut avoir comme conséquence l'érosion de la plage qui constitue une protection naturelle de la falaise ».

Ainsi la partie Sud de la plage Est de la pointe de l'aérodrome, qui est directement en contact avec l'épi de la piste a été plus érodée que plus au Nord, au niveau de l'Usine de dessalement SOGEA, plus abritée (protection des bosquets de palétuviers).



Illustration 5 – Variations du trait de côte des falaises de Pamandzi (Orthophotographie IGN – 2003)

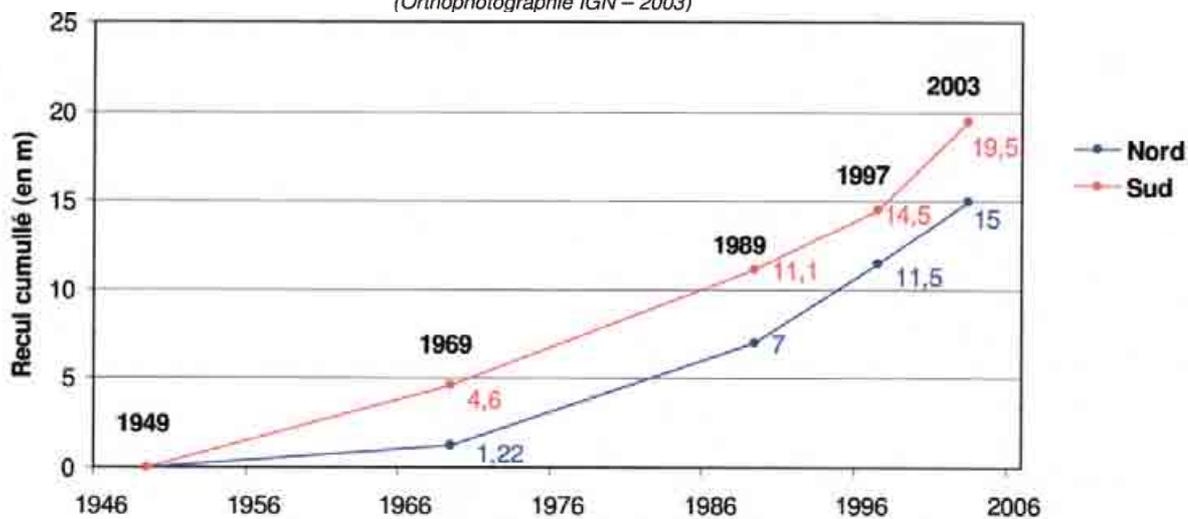


Figure 30. Plage Est de la pointe de l'aéroport, niveau des Bases Aériennes : évolution du recul des falaises de cinérites depuis 1949 (tranchet Sud), courbe en rouge (extrait de DE LA TORRE et al., 2006, illustrations 5 & 6, pp. 18-19) .

A noter qu'en ce qui concerne les variations du profil de cette plage (derrière les dalles horizontales et la cuvette d'érosion creusée derrière les anciens beach-rocks marquant l'ancien trait de côte), entre septembre 2005 et février 2006, on n'observe guère d'évolution ; on passerait d'un profil nettement concave au niveau du médiolittoral à un profil plus droit, le bas de plage étant moins engraisé en saison humide (lessivage par les pluies aux basses-mers de vives-eaux ?).

## **EN CONCLUSION**

**La prolongation de l'ancienne piste aéroportuaire sur la pointe de cinérites de l'aéroport, en 1994-95, par un épi de près de 200 m de long, a eu pour impacts négatifs :**

- **pendant la phase des travaux :**
  - **l'obturation d'un ancien déversoir de platier permettant le transit des eaux du large et du lagon selon les courants de marées ;**
  - **des apports de sédiments fins terrigènes au niveau des remblais (par camions à partir de la côte), qui ont formé des nuages turbides rougeâtres allant se déposer sur les fonds adjacents de part et d'autre de ce remblai et ce en fonction des courants de marées ;**
- **postérieurement, immédiatement ou pendant les années suivantes :**
  - **le creusement d'un nouveau déversoir de platier à l'extrémité de l'épi en contournant celui-ci, avec distribution des matériaux détritiques coralliens et sédimentation de ces derniers dans des secteurs situés de part et d'autre du nouvel épi ;**
  - **la création de zones d'accumulations sédimentaires fines, d'une part, à l'Est du pied de l'épi, sous l'effet d'un courant tourbillonnaire créé (vortex), et de façon moindre, à l'Ouest, au pied de l'épi ;**
  - **une certaine accélération dans la dégradation de l'état des taches d'herbiers de phanérogames marines déjà en cours de démantèlement précédemment ;**
  - **une probable accélération de la vitesse de recul des falaises de cinérites de la plage Est de la pointe de l'aéroport (passant d'environ 0,5 m/an à 0,8 m/an, soit une augmentation de 0,3 m/an), sous l'effet de dérives littorales érodant le bas de la plage ou d'une accentuation des jets-de-rive des vagues à marées hautes, notamment de vives-eaux.**

### 3. ANALYSES DES IMPACTS NEGATIFS ET POSITIF DES DIFFERENTES VARIANTE PROPOSEES POUR UNE PISTE LONGUE

#### 3.1. Variante 1 Phase 1 (fig. 31)



Figure 5 : Variante 1 Phase 1 (ADPi-SOGREAH, 2010, rapport AVP Phase 1 réf. [A])

Figure 31.

Cette variante consiste en une prolongation en mer, de 550-570 m de long, en prolongeant l'extension de l'épi actuel de 1995.

**Cela porterait donc l'épi à plus de 1.050 m de longueur sur une largeur de près de 190 m, au niveau de l'eau, dans sa partie médiane interne (vers le Nord) et à son extrémité, mais à près de 250 m de large en son milieu.**

**Ce projet créerait donc un grand barrage en travers de la portion Nord du récif de Pamandzi, au travers de déversoirs de platier situés entre la pointe de l'aéroport et l'épi de 1995, d'une part, et l'îlot de sable, d'autre part.**

Aujourd'hui, le coin Sud-Est de l'extrémité de l'épi n'est qu'à 260 m environ du bord de la pente externe, caractérisée par une zone éperons-sillons supérieure se terminant sur une cuvette sableuse (10-12 m), à laquelle fait suite, une zone éperons-sillons inférieure qui peut se terminer sur une autre cuvette sableuse plus profonde.

La présence de ces cuvettes sableuses est caractéristique de pente externe ayant subi les effets de mouvements tectoniques, dont des décrochements parallèles au front récifal, en général.

Avec la prolongation de l'épi, son extrémité SE ne serait plus qu'à 170-180 m du bord de cette pente externe (fig. 32).

Son extrémité SW ne serait plus qu'à 770 m de la partie NE de l'îlot de sable et de ses grands beach-rocks.



Figure 32. Variante 1. Prolongation de l'épi actuel sur 55à-570 m de long : distance des extrémités par rapport à certains points du front ou du platier interne du récif barrière de Pamandzi. (d'après Google Earth).

### 1.1.1. Impacts sur la courantologie locale

#### Impacts lors de vents forts de secteurs SSE à SE

Les vitesses de vent de SSE à EES à Pamandzi ont atteint les maximales de 120 à 140 m/s pour la période de 1988-1994 (THOMASSIN, 1997).

Dans ces conditions un afflux d'eau massif se fait sur le platier Nord du récif de Pamandzi, surtout aux plus hautes mers de vives-eaux.

Aujourd'hui, cet afflux d'eau se divise sur l'épi de 1995 en 2 branches donnant des dérives littorales, une branche Est, qui remonte la plage Est jusqu'à Mtsanga Mtiti par le travers de l'usine de dessalement, l'autre branche s'écoulant vers le Nord-Ouest.

- Avec un épi de 500 m de long, situation actuelle, sur une hauteur d'eau de 3 m environ, et une distance de 260 m de large de platier, cela fait un volume d'eau de près de  $39.10^4 \text{ m}^3$  d'eau empruntant la dérive Est.
- Avec un nouvel épi de 1.050 m de long, sur une même hauteur d'eau de 3 m environ, et une distance de 180 m de large, ce volume d'eau atteindrait près de  $>56.10^4 \text{ m}^3$  d'eau empruntant la dérive Est, soit près de 1,4 fois la situation actuelle.

Cela ne manquerait pas d'avoir comme effet négatif de renforcer l'érosion aux pieds de falaises de la Vigie (qui déjà se dégradent) et d'augmenter les vitesses des courants le long de tout ce littoral de la plage Est, augmentant très probablement l'érosion des fonds du bas de plage infralittoral et du platier récifal. Or, ce littoral a déjà énormément régressé au cours des temps récents, une ligne de beach-rocks s'observant à plus de 90 m, puis 220 m du bas de plage, au Sud de la plage Est (fig. 33).



Figure 33. Estran de la plage Est de la pointe de l'aéroport, ligne de beach-rocks fossile témoignant du recul important de la plage dans des temps relativement récent (photos B.A. Thomassin, 16/06/2002, milieu journée) :

- A. Accumulation de sédiments fins vaseux dans le bas de plage de la cuvette derrière la ligne de beach-rocks fossiles, ici à 90 m environ du bas de plage, dans la partie Sud de la plage, et blocs volcaniques témoins, en place ; au fond, le volcan la Vigie.
- B. Vue du bas de plage et des fonds de la cuvette en arrière de la ligne de beach-rocks

### Résultats des simulations hydrodynamiques

Les simulations hydrodynamiques ont été réalisées en prenant une marée typique de juillet, en hiver austral. Cependant il n'est pas mentionné dans ce rapport SOGREAH les vitesses de vent impliquées.

- *En hiver austral, vives-eaux (exemple : 23 & 24/07/2009 vent de SE, 2 m/s).*

➤ maximum du flot en vives-eaux (A1) :

- Sur le platier externe : large extension d'une zone de calme hydrodynamique le long de l'épi, dans sa nouvelle portion.
- Sur le platier interne : augmentation du calme hydrodynamique dans la zone intérieure de l'ancien épi + création zone calme le long du nouvel épi à l'Ouest, d'où une création d'une zone de piégeage des particules.
- Sur le platier, au Sud îlot : modification de la zone de calme hydrodynamique, avec légère accentuation des courants (+10 cm/s) ce qui peut déjà induire une érosion des fonds.

➤ mi-flot en vives-eaux (A9) :

- A l'extrémité du nouvel épi, renforcement des courants rentrants (+ 10 à = 15 cm/s), ainsi que sur le bord Ouest du nouvel épi, d'où creusement d'un nouveau déversoir de platier avec une branche dirigée vers le NO.
- Le long de l'ancien épi, face Ouest : légère atténuation des courants, d'où accentuation de la sédimentation, notamment fine, à la base de cet épi.

➤ mi-jusant en vives-eaux :

- A l'extrémité du nouvel épi, renforcement des courants sortants (+ 10 à = 15 cm/s), ainsi que sur le bord Ouest du nouvel épi, d'où creusement d'un nouveau déversoir de platier.
- A l'Ouest de l'ancien épi, atténuation des courants et création d'une zone de calme hydrodynamique complet (5-0 cm/s), d'où sédimentation, notamment fine.

➤ maximum du jusant ou basses-mers en vives-eaux (A2, A10) :

- Sur le platier externe : large extension d'une zone de calme hydrodynamique le long de l'épi, dans sa nouvelle portion.
- Sur le platier interne : augmentation du calme hydrodynamique dans la zone intérieure de l'ancien épi + création zone calme le long du nouvel épi à l'Ouest, d'où une création d'une zone de piégeage des particules.
- A l'extrémité du nouvel épi, sur le platier, légère augmentation des courants (+ 10 cm/s env.), d'où accentuation de l'érosion des fonds et creusement d'un nouveau déversoir de platier devant et extension vers le Sud du nouvel épi des vitesses de courants sur le platier médian externe (courants de 30-35 cm/s).

➤ mi-flot en vives-eaux (A7) :

- Sur le platier interne, au SO du nouvel épi : décalage vers le Sud des zones de courants de 35 à 45 cm/s qui paraissent un peu plus forts qu'à l'extrémité de l'épi de 1995, d'où accentuation du creusement du nouveau déversoir des platiers.
- Sur le front récifal légèrement au Sud du nouvel épi, on observerait une légère augmentation des vitesses de courants.
- Sur la plate-forme par le travers de la limite NO de la zone aéroportuaire, Sud de Bandrabassi : augmentation de la vitesse du courant de fond, d'où lessivage de la surface de cette plate-forme et transport des sédiments fins plus vers le Nord, où ils iront sédimenter.

➤ pleine mer de vives-eaux (A8) :

On est en fin de vidange du lagon et les courants sont encore sortants.

- A l'extrémité du nouvel épi : décalage vers le Sud de la zone de forts courants (30-40 cm/s) et creusement d'un déversoir de platier.
- A la base de l'ancien épi et le long de tout le bord Ouest de celui-ci : diminution de l'intensité des courants, d'où création d'une large zone de calme hydrodynamique ce qui induit une sédimentation des particules, plutôt fines puisque venant du lagon.
- Au nord de la plage Est (travers de l'usine de dessalement et pieds des falaises Sud de la Vigie : augmentation du calme hydrodynamique ce qui favorise une sédimentation plutôt fine compte tenu de la dérive littorale Sud-Nord.

- En hiver austral mortes-eaux (exemple : 18 & 19/07/2009, vent de SSW 6 m/s)

➤ maximum du flot en mortes-eaux (A3) :

- Sur la zone Nord-Est des tétrapodes et au Sud de la plage Est : diminution de l'intensité des courants, d'où sédimentation accentuée.
  - Sur le platier externe : augmentation du calme hydrodynamique le long de l'ensemble de l'épi.
  - A la base de l'ancien épi, bord Ouest : diminution de l'intensité des courants rentrants, d'où meilleure sédimentation sur l'embryon de plage de la pointe.
  - A l'extrémité du nouvel épi : légère augmentation des vitesses des courants rentrants (+ 5 cm/s).
- pleine mer en mortes-eaux (A12) :
- Sur le bord du platier interne, au Sud du nouvel épi : légère diminution des vitesses des courants sortants (de -5 à -10 cm/s).
- mi-flot en mortes-eaux (A11) :
- Sur le platier externe, sur la bordure Est du nouvel épi, extension de la zone de calme hydrodynamique, d'où création d'une zone favorable à une sédimentation sableuse, les fines étant transportées vers le Nord le long de la plage Est de la pointe de l'aéroport.
  - A la base Ouest de l'ancien épi, diminution de la vitesse des courants et induction d'une zone de calme hydrodynamique, d'où création d'une zone favorable à une sédimentation plutôt fine.
  - A l'extrémité du nouvel épi, décalage de la zone de courants moyens (15-25 cm/s) et creusement d'un nouveau déversoir de platier.
  - Sur le platier par le travers de l'îlot de sable, atténuation des vitesses de courants (-10 cm/s), ce qui favoriserait une sédimentation plus fine sur ces fonds, occupés par des herbiers de phanérogames marines (cf. carte de DINHUT, fig. ).
- maximum du jusant en mortes-eaux (A4, A13) :
- A l'extrémité du nouvel épi : nette augmentation des vitesses du courant sortant (+ 15 à 20 cm/s), ce qui accentuera le creusement d'un nouveau déversoir de platier.
  - Sur la plage Est, légère diminution des vitesses de courants (-15 cm/s), ce qui favorisera la sédimentation, notamment fine, d'où accentuation de l'envasement de ce secteur (déjà conséquence de la construction du 1<sup>er</sup> épi en 1995).
  - Sur la pointe de l'aéroport, à l'Ouest de la base de l'épi ancien, diminution des vitesses de courants sortants (-10 à -15 cm/s), d'où création d'une zone de calme hydrodynamique favorisant une augmentation de la sédimentation, notamment fine.
- basse-mer en mortes-eaux (A14) :
- Très légère diminution des courants au niveau des bases Est et Ouest de l'ancien épi, et très légère atténuation des courants à l'extrémité du nouvel épi.
- *En hiver austral, en moyennes eaux*
- mi-flot de moyennes-eaux (A15)
- alors que le platier est parcouru par des courants très faibles (<25 cm/s), avec le nouvel épi les vitesses de courants s'accroissent (+ 5 à +15 cm/s) à son extrémité et cela sur une portion Sud du platier externe. Ceci entraîne donc une augmentation de l'érosion des fonds et des transports sédimentaires plus importants sur le platier interne, au niveau du nouveau déversoir de platier.
- maximum du flot en moyennes-eaux (A5) :
- A l'extrémité du nouvel épi : nette augmentation de la zone sous l'influence des vitesses maximales du courant rentrant (40 cm/s), ce qui accentuera le creusement et l'élargissement d'un nouveau déversoir de platier.
  - Sur la pointe de l'aéroport, à l'Ouest de la base de l'épi ancien, diminution des vitesses de courants sortants (-10 à -15 cm/s), d'où augmentation de la sédimentation, notamment fine.
- Pleine mer en moyennes eaux (A16)

- Durant cette phase, on n'observe juste un décalage des courants de l'extrémité de l'épi actuel vers l'extrémité du nouvel épi.
- mi-jusant de moyennes-eaux (A17)
  - A l'extrémité du nouvel épi, une très légère augmentation des vitesses de courants s'observe sur une surface un peu plus grande, au niveau du nouveau déversoir de platier.
- maximum du jusant en moyennes-eaux (A6) :
  - A l'extrémité du nouvel épi : nette augmentation de la zone sous l'influence des vitesses maximales du courant sortant (45 cm/s), ce qui accentuera le creusement et l'élargissement d'un nouveau déversoir de platier en direction de l'avancée du front du récif.
  - Sur la pointe de l'aéroport, à l'Ouest de la base de l'épi ancien, atténuation des vitesses de courants sortants (-15 à -25 cm/s), d'où augmentation de la sédimentation, notamment fine.
  - *Idem*, plus au Nord, sur le littoral Ouest de la pointe de l'aéroport.
- basses-mer de moyennes-eaux (A18)
  - De part et d'autres du nouvel épi, les zones de calme hydrodynamique s'élargissent, induisant une possibilité de sédimentation, plutôt fine.
  - Sur le coin Ouest du nouvel épi et sur le platier interne qui le jouxte, on observe un diminution de vitesse des courants (-5 à 10 cm/s) et une légère augmentation à l'extrémité Ouest du nouvel épi et sur une surface plus grande (max. +10 cm/s).

### CONCLUSION (fig. 33)

**Les impacts négatifs majeurs de la prolongation de l'épi actuel par un nouvel épi de 550 à 570 m de long, portant ainsi la longueur total de cet « ouvrage- barrage » à plus de 1.050 m de long, sont :**

- la création du zone de réduction des courants, voire création d'une zone de calme hydrodynamique sur les faces Est et Ouest du nouvel épi (diminution des vitesses de l'ordre 10 cm/s) ;
- l'augmentation des vitesses de courants sur une large zone à l'extrémité du nouvel épi : de +<20 cm/s à +5 cm/s, avec comme corolaire le creusement d'un nouveau déversoir de platier à l'extrémité du nouvel épi ;
- l'augmentation des vitesses de courants au Nord du pied de l'ancien épi – fin de la zone des Accropodes, de +10 cm/s, d'où une augmentation des effets érosifs sur cette portion de littoral ;
- une certaine augmentation des courants littoraux au Sud-Ouest de la pointe de l'aéroport : + 5 cm/s, avec risque de lessivage des fonds et transport des sédiments fins vers le Nord-Ouest.

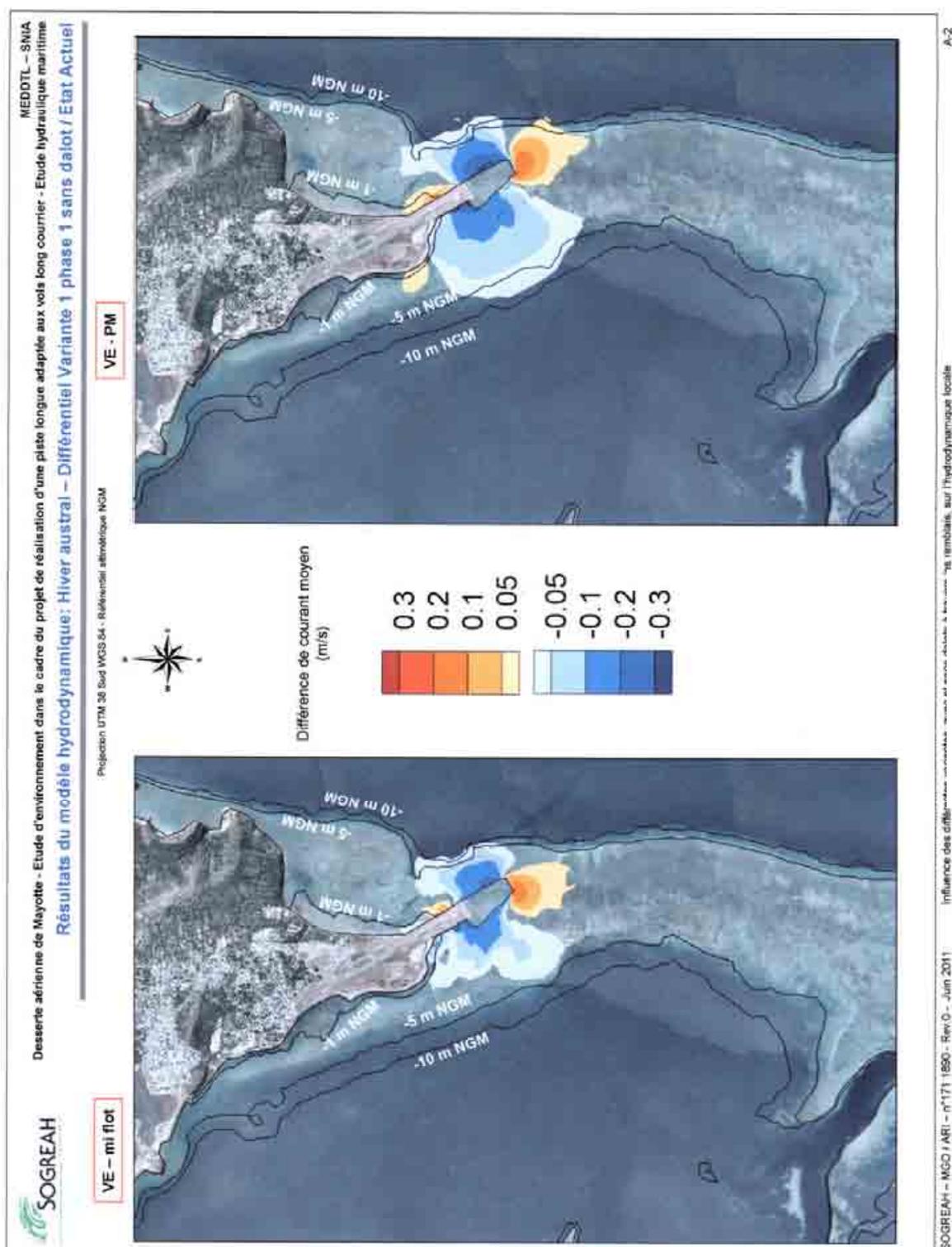


Figure 33.

### 1.1.2. Impacts sur les tailles des sédiments du platier

En septembre 2009, les sédiments du platier du récif de Pamandzi, au niveau de l'extrémité du nouvel épi étaient composés d'au moins 3 cohortes de grains, ceux de tailles 0,5 et 1mm prédominant largement (PARETO / ARVAM, prél. n° 7).

Or, pour des courants de l'ordre de 30 à 40 cm/s au-dessus du fond et ce d'après le classique diagramme d'HJÜLSTROM (fig. 34), réalisé pour des sédiments quartzeux plus

lourds que les sédiments carbonatés, on se trouve à la limite inférieure de la configuration « d'érosion + transport », où la vitesse du courant est suffisamment élevée pour provoquer la mobilisation des particules déposées sur le fond (érosion) et les maintenir en mouvement (transport).

**En conséquence, pour des sédiments carbonatés plus légers, on est en plein dans cette configuration « d'érosion + transport ».**

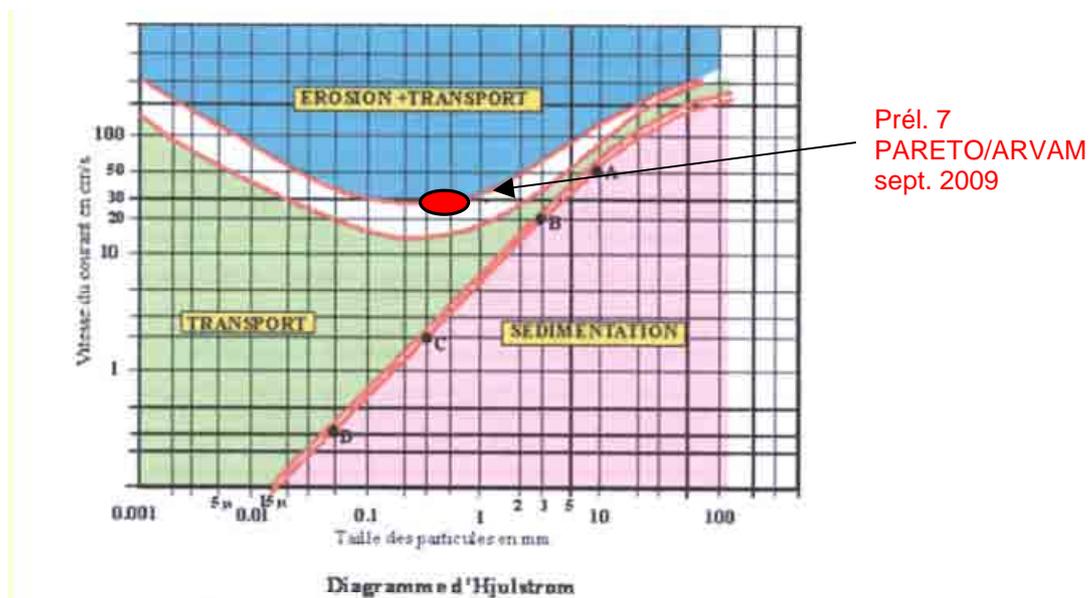


Figure 34. Mode de transport sédimentaire des sédiments prélevés en sept. 2009 sur le platier Nord du récif de Pamandzi, au niveau de l'extrémité du nouvel épi : érosion + transport.

La conséquence du creusement d'un nouveau déversoir en bout du nouvel épi aura donc pour conséquence que les sédiments qui pourront s'y déposer et s'y maintenir seront beaucoup plus grossiers que ceux qui s'y déposaient précédemment. Les granulométries des cohortes de grains dominants des sédiments des stations 6 et 8 prélevés en sept. 2009 en seront très proches :

- environ 0,7 mm à la station 6 (côté Ouest, platier interne) ;
- environ 1,4-1,6 mm à la station 8 (côté Ouest, large).

### 3.2. Variante 1 Phase 1 avec dalots (fig. 35 )

L'intérêt de proposer la création de 2 dalots à l'intérieur de la nouvelle prolongation de l'épi actuel, de dimensions (cf. rapport SOGREAH, juin 2011) :

- 20 m de large,
- sur une hauteur de 3,2 m NGM, soit près de +4 m SHOM, leurs planchers étant à la cote -1 m NGM, soit +0,78 m SHOM, donc au niveau de basses-mers de moyennes-eaux ;
- et de largeur : 320 m (dalot 1, au Nord) et de 250 m (dalot 2, au Sud)

est de créer des passages dans cet « épi-barrage » de 1.050 m de long pour : - les masses d'eau, - leurs plancton végétal et animal (dont les œufs sortants pour se développer en plein océan et les larves rentrantes pour se développer dans le lagon et les récifs et mangroves frangeants et - les quelques macro-espèces nageuses qui pourraient les emprunter, telles des poissons migrateurs (lors des périodes de fraie) ou non, les tortues marines, voire de façon plus incertaine les quelques dugongs du lagon.



Figure 35. Proposition de création de 2 dalots sous la prolongation de l'épi actuel (d'après B.A. Thomassin, juin 2010) (fond : vue IGN 1997).

Par rapport à la variante 1, phase 1, sans dalot et celles avec les 2 dalots, on observe les changements suivants.

- Au maximum du jusant en mortes-eaux (B4) : les dalots sont empruntés par des courants sortants assez vifs (25-30 cm/s) et à la sorties de ceux-ci, côté océan, les courants sont assez vifs (45-50 cm/s) ce qui permet un bon lessivage du platier et la création de substrats durs sur lesquels que coloniseront certaines algues, des coraux, des mollusques, etc.
- Au maximum du flot en moyennes-eaux (B5) : les courants sont plus faibles que dans la situation précédentes.

- Par contre, au maximum du jusant en moyennes-eaux (B6), ainsi qu'à mi-jusant (B17) : les courants sortants par les dalots sont assez forts (40-50 cm/s) ainsi qu'au niveaux de leurs exutoires vers l'océan.
- A mi-flot en moyennes-eaux : les dalots sont empruntés par des courants rentrants, mais on ne retrouve pas d'auréoles de courants aussi marqués à leur sorties, côté platier interne. Cependant on observe qu'ils alimentent la dérive littorale se formant le long Ouest de l'épi.

## CONCLUSION

**Dans cet immense « épi-barrage » de 1.050 m de long que représente la variante 1, phase 1, la création de 2 dalots de chacun 20 m de large dans la portion du nouvel épi, offre un léger mieux par rapport à la situation sans dalot.**

**Par comparaison avec la situation actuelle de l'épi de 1995 et son déversoir de platier (B 19), les vitesses moyennes des courants à l'intérieur des dalots seraient supérieures (+ 10 à +20 cm/s), du fait d'un effet Venturi.**

**Mais, ces vitesses plus élevées ne se réaliseraient que sur une largeur de 2 fois 20 m, soit 40 m au total, ce qui est bien inférieur à la largeur du déversoir de platier actuel, à l'extrémité de l'épi actuel de 1995.**

**Cette solution (qui est par ailleurs assez onéreuse financièrement) apparaît donc comme un pis-aller à la prolongation de la piste selon la variante A, phase 1.**

### 3.3. Variante 1 Phase 2 avec dalots (fig. 36)



Figure 7 : Variante 1 Phase 2 (ADPi-SOGREAH, 2010, rapport AVP Phase 1 réf. [A])

Figure 36.

La variante 1 phase 2, avec dalots, consiste à créer une nouvelle piste convergente de 2.600 m de longueur totale, à partir de l'extrémité d'un nouvel épi d'au total 1.050 m de long et de sa raquette :

- en comblant tout le bord Ouest de cet épi,
- pour ensuite traverser la partie arbustive de la pointe de l'aéroport (zone dépressionnaire) et les bosquets de palétuviers, formations végétales qui seraient ainsi détruites,
- pour se prolonger sur les petits fonds de la pente interne, sur le lagon, par le travers de la plate-forme aéroportuaire actuelle et se terminer un peu plus loin par le travers du quartier de Bandrabassi.

Ce projet obligerait à la création d'une piste de roulement entre cette nouvelle piste convergente et le tarmac de l'aéroport, ce qui isolerait ainsi une dépression au Sud<sup>5</sup> et laisserait une « anse-couloir » au Nord, entre l'extrémité Nord et le littoral au Sud De Bandrabassi.

Or, les simulations hydrodynamiques proposées ne prennent pas en compte cette piste de roulement. Elles ne sont donc pas tout à fait exactes.

Pour bien comprendre les impacts que ces projets pourraient induire par rapport à l'état actuel, il convient de dissocier :

- les impacts le long des façades Ouest, côté lagon, le long de l'épi de longueur totale 1.050 m et le long du littoral Sud-Ouest de la pointe de l'aéroport,
- de ceux qui pourraient être induit dans l'anse-couloir entre la nouvelle piste et le littoral de Bandrabassi.

<sup>5</sup> Dépression qui serait très probablement, dans un futur proche, comblée ou qui servirait de bassin de collecte d'eaux pluviales pour leur décantation avant que le trop-plein de celles-ci ne soit rejeter au lagon.

### 1.3.1. Impacts le long des façades Ouest du nouvel épi et de la pointe de l'aéroport

#### - En hiver austral, vives-eaux.

##### ➤ maximum du flot en vives-eaux (C1) :

- Sur le platier externe, côté large : large extension d'une zone de calme hydrodynamique le long de l'épi, sur presque toute sa longueur (diminution des vitesses de -20 à -40 cm/s).
- Sur le platier interne : augmentation du calme hydrodynamique dans la zone intérieure de l'ancien épi + création zone calme le long du nouvel épi à l'Ouest par les travers des dalots, d'où une création d'une zone de piégeage des particules.
- Le long du littoral Ouest de la pointe de l'aéroport, rétrécissement en largeur des zones de courants littoraux.

##### ➤ mi-flot en vives-eaux (C7, C9) :

- A l'extrémité du nouvel épi, renforcement des courants rentrants (+ 10 à 15 cm/s), ainsi que sur le bord Ouest du nouvel épi, d'où creusement d'un nouveau déversoir de platier avec une branche dirigée vers le NO.
- Par le travers de l'ancien épi, face Ouest : très légère atténuation des courants, d'où accentuation de la sédimentation, notamment fine, à la base de cet épi.

##### ➤ mi-jusant en vives-eaux :

- A l'extrémité du nouvel épi, renforcement des courants sortants (+ 10 à = 15 cm/s), ainsi que sur le bord Ouest du nouvel épi, d'où creusement d'un nouveau déversoir de platier.
- A l'Ouest de l'ancien épi, atténuation des courants et création d'une zone de calme hydrodynamique complet (5-0 cm/s), d'où sédimentation, notamment fine.

##### ➤ maximum du jusant ou basses-mers en vives-eaux (C2, C10) :

- Sur le platier externe : large extension d'une zone de calme hydrodynamique le long de l'épi, dans sa nouvelle portion.
- Sur le platier interne : augmentation du calme hydrodynamique dans la zone intérieure par le travers de l'ancien épi + diminution des vitesses de courant le long du nouvel épi à l'Ouest, d'où une création d'une zone de piégeage des particules.
- A l'extrémité du nouvel épi, sur le platier, légère augmentation des courants (+ 10 cm/s env.), d'où accentuation de l'érosion des fonds et creusement d'un nouveau déversoir de platier devant, en direction plein Est, et extension vers le Sud du nouvel épi des vitesses de courants sur le platier médian externe (courants de 30-50 cm/s).

##### ➤ mi-flot en vives-eaux (C7) :

- Sur le platier interne, au SO du nouvel épi : décalage vers le Sud des zones de courants de 35 à 45 cm/s qui paraissent un peu plus forts qu'à l'extrémité de l'épi de 1995, d'où accentuation du creusement du nouveau déversoir des platiers.
- Sur le front récifal légèrement au Sud du nouvel épi, on observerait une légère augmentation des vitesses de courants.
- Sur la plate-forme par le travers de la limite NO de la zone aéroportuaire, Sud de Bandrabassi : augmentation de la vitesse du courant de fond, d'où lessivage de la surface de cette plate-forme et transport des sédiments fins plus vers le Nord, où ils iront sédimenter.

##### ➤ pleine mer de vives-eaux (C8) :

- On est en fin de vidange du lagon et les courants sont encore sortants.
- A l'extrémité du nouvel épi : décalage vers le Sud de la zone de forts courants (30-40 cm/s) et creusement d'un déversoir de platier de direction plein Est.
- Par le travers de la base de l'ancien épi et le long de tout le bord Ouest de celui-ci : diminution de l'intensité des courants, d'où création d'une large zone de calme hydrodynamique, ce qui induit une sédimentation des particules, plutôt fines puisque venant du lagon.
- Au nord de la plage Est (travers de l'usine de dessalement et pieds des falaises Sud de la Vigie : augmentation du calme hydrodynamique ce qui favorise une sédimentation plutôt fine compte tenu de la dérive littorale Sud-Nord.

#### - En hiver austral mortes-eaux

- maximum du flot en mortes-eaux (C3) :
  - Sur la zone Nord-Est des tétrapodes et au Sud de la plage Est : diminution de l'intensité des courants, d'où sédimentation accentuée.
  - Sur le platier externe : augmentation du calme hydrodynamique le long de l'ensemble de l'épi.
  - Par le travers de la base de l'ancien épi, bord Ouest : diminution de l'intensité des courants rentrants, d'où meilleure sédimentation sur l'embryon de plage de la pointe.
  - A l'extrémité du nouvel épi : légère augmentation des vitesses des courants rentrants (+ 5 cm/s).
  
- pleine mer en mortes-eaux (C12) :
  - Sur le bord du platier interne, au Sud du nouvel épi : légère diminution des vitesses des courants sortants (de -5 à -10 cm/s).
  - A l'extrémité du nouvel épi, légère augmentation de la surface parcouru par un courant de vitesse 20-25 cm/s.
  
- mi-flot en mortes-eaux (C11) :
  - Sur le platier externe, sur la bordure Est du nouvel épi, extension de la zone de calme hydrodynamique, d'où création d'une zone favorable à une sédimentation sableuse, les fines étant transportées vers le Nord le long de la plage Est de la pointe de l'aéroport.
  - A l'Ouest par le travers de l'ancien épi, diminution de la vitesse des courantes et induction d'une zone de calme hydrodynamique, d'où création d'une zone favorable à une sédimentation plutôt fine.
  - A l'extrémité du nouvel épi, décalage de la zone de courants moyens (15-25 cm/s) et creusement d'un nouveau déversoir de platier.
  
- maximum du jusant en mortes-eaux (C4, C13) :
  - A l'extrémité du nouvel épi : nette augmentation des vitesses du courant sortant (+ 15 à 20 cm/s), ce qui accentuera le creusement d'un nouveau déversoir de platier. Bon courant sortants aux débouchés des 2 dalots.
  - Sur la pointe de l'aéroport, à l'Ouest, légère diminution des vitesses de courants dirigés vers le Nord.
  
- basse-mer en mortes-eaux (C14), les courants étant rentrants :
  - Très légère diminution des courantes au niveau des bases Est et Ouest de l'ancien épi, et très légère atténuation des courants à l'extrémité du nouvel épi.
  
- *En hiver austral, en moyennes eaux*
  
- mi-flot de moyennes-eaux (C15)
  - Alors que le platier est parcouru par des courants très faibles (<25 cm/s), avec le nouvel épi les vitesses de courants s'accroissent (+ 5 à +15 cm/s) à son extrémité et cela sur une portion Sud du platier externe. Ceci entraîne donc une augmentation de l'érosion des fonds et des transports sédimentaires plus importants sur le platier interne, au niveau du nouveau déversoir de platier.
  - A l'Ouest, le long de la pointe de l'aéroport et du nouveau remblai de la piste vers le Nord, on note un net affaiblissement des vitesses de courants (-35 à -40 cm/s).
  
- maximum du flot en moyennes-eaux (C5) :
  - A l'extrémité du nouvel épi : nette augmentation de la zone sous l'influence des vitesses maximales du courant rentrant (40 cm/s), ce qui accentuera le creusement et l'élargissement d'un nouveau déversoir de platier.
  - Sur la pointe de l'aéroport, à l'Ouest, et par le travers de la base de l'épi ancien, diminution des vitesses de courants sortants (-10 à -15 cm/s), d'où augmentation de la sédimentation, notamment fine.
  
- pleine mer en moyennes eaux (C16)

- Durant cette phase, on n'observe juste un décalage des courants sortants de l'extrémité de l'épi actuel vers l'extrémité du nouvel épi.
- mi-jusant de moyennes-eaux (C17)
  - A l'extrémité du nouvel épi, une très légère augmentation des vitesses de courants s'observe sur une surface un peu plus grande, au niveau du nouveau déversoir de platier.
  - Le long du nouveau remblai, par le travers Ouest de l'ancien épi, création d'une zone de calme hydrodynamique.
  - *Idem*, plus au Nord-Ouest le long du remblai de la nouvelle piste.
- maximum du jusant en moyennes-eaux (C6) :
  - A l'extrémité du nouvel épi : nette augmentation de la zone sous l'influence des vitesses maximales du courant sortant (45 cm/s), ce qui accentuera le creusement et l'élargissement d'un nouveau déversoir de platier en direction plein Est.
  - Sur la pointe de l'aéroport, à l'Ouest, par le travers de la base de l'ancien épi, atténuation des vitesses de courants sortants (-15 à -25 cm/s), d'où augmentation de la sédimentation, notamment fine.
  - *Idem*, plus au Nord, sur le littoral Ouest de la pointe de l'aéroport.
- basses-mer de moyennes-eaux (C18)
  - De part et d'autres du nouvel épi, les zones de calme hydrodynamique s'élargissent, induisant une possibilité de sédimentation, plutôt fine.
  - Sur le coin Ouest du nouvel épi et sur le platier interne qui le jouxte, on observe un diminution de vitesse des courants (-5 à 10 cm/s) et une légère augmentation à l'extrémité Ouest du nouvel épi et sur une surface plus grande (max. +10 cm/s).
  - Le long de la pointe de l'aéroport et du remblai de la nouvelle piste vers le NO s'établit une dérive littorale lente.

### 1.3.2. Impacts le long du littoral de Bandrabassi

Dans cette configuration une anse-lagune est laissée entre le remblai de la piste, au Nord et le littoral actuel de Bandrabassi.

- *En hiver austral, vives eaux :*

- A mi-flot et aux maxima du flot et du jusant (C7, C1 & C2) : la partie médiane Nord de cette anse-lagune est encore parcourue par des courants, rentrants puis sortants, assez forts, de vitesses 50 à 30 cm/s, surtout sur le bord Ouest, courants qui maintiennent sur ces petits fonds de bonnes conditions pour l'implantation d'herbiers de phanérogames marines (*Cymodocea* spp., *Halodule uninervis* forme large et même *Thalassodendron ciliatum* et *Syringodium isoetifolium*).

Par contre, la partie médiane Sud qui est ainsi enclavée, n'est parcouru que par des courants plus faibles (30 à 10 cm/s). Ces fonds sont donc propices à une sédimentation plus vaseuse, dont les sédiments seraient colonisés par les différents faciès de la grande « Biocénose des Sédiments Vaseux de Mode Calme » (définie à Madagascar, Tuléar, par THOMASSIN, 1978, et à Mayotte par GOUT, 1991) et que pourraient coloniser, en pelouses, des *Halophila*, notamment *H. ovalis*. Dans la zone médiolittorale de l'estran, les palétuviers *Avicennia marina*, mêlés peut être de *Sonneratia alba* et *Rhizophora mucronata*, pourraient s'installer créant une frange côtière d'un beau vert.

- A la pleine-mer (C8) comme à basse-mer (C10) : l'anse-lagune montre un calme plat sur toute sa surface (courants de 5 à 0 cm/s).

- *En hiver austral, mortes-eaux :*

- Au maximum du flot (C3), à mi-jusant (C13) et au maximum du jusant (C4), ainsi qu'à basse-mer (C14) : toute l'anse-lagune est soumise à un mode très calme (courant de 10 à 0 cm/s), à l'exception d'une zone un peu mieux baignée sur le littoral tout au Nord, au Sud de Sandravouangué.
- *En hiver austral, moyennes eaux :*
  - Au maximum du flot (C5), à la pleine mer (C12, C16) et au maximum du jusant (C6) et à la basse-mer (C18) : la plupart des fonds de l'anse-lagune sont en mode calme (courant de 25 à 0 cm/s) favorisant une sédimentation fine, vaseuse (cf. ci-dessus).  
Par contre, sur le bord médian Ouest et ce jusqu'au milieu de cette anse-lagune, on observerait une zone où les courants seraient plus forts (de 30 à 50 cm/s), ce qui maintiendrait ici une sédimentation un peu plus sableuse.
  - A mi-flot (C11, C15) : on observerait un gradient décroissant des vitesses de courants depuis l'ouverture Nord-Ouest vers le fond au Sud-Est, mais ceux-ci seraient très faibles (20 à 0 cm/s)
  - A mi-jusant (C17) ; l'inverse s'observerait, mais le gradient serait le même que précédemment.

## CONCLUSION

**Dans cette configuration de Variante 1, phase 2, les impacts négatifs sur la portion septentrionale du récif de Pamandzi, avec le maintien de la construction d'un épi-barrage de 1.050 m de long, et en plus d'un remblai de toute la face Ouest de cet ouvrage (phase 2) sont ceux que l'on observait dans la variante 1, phase 1 avec dalots, mais encore plus négatifs, avec :**

- le surcreusement d'un nouveau déversoir de platier à l'extrémité du nouvel épi,
- un élargissement des zones de calme hydrodynamique sur les deux faces de cet épi-barrage, d'où l'installation d'une sédimentation plus fine, voire vaseuse à ces endroits.

Par contre, la création d'une anse-lagune (même si les simulations ne prennent pas en compte la création d'une piste de roulement pour un accès au tarmac), crée certes un biotope bien « enclavé », à l'hydrodynamisme relative clame, mais où les masses d'eau seraient assez bien renouvelées lors des flots et jusants de vives-eaux.

Le « temps de résidence des eaux » dans cette anse-lagune serait d'une douzaine d'heures, ce qui pour SOGREAH « devrait permettre d'éviter les problèmes d'eau stagnante. Ces variations de la hauteur d'eau dans la lagune d'au moins 1 à 2 m assurent un renouvellement complet ».

Toutefois, les fonds de cette anse-lagune devraient être assez vite colonisés par des faciès de la « Biocénose des Sédiments vaseux de Mode Calme » (SVMC), dont des herbiers de phanérogames marines qui pourraient être assez diversifiés et un embryon de mangrove de palétuviers dans la zone de l'estran le plus interne. Cela deviendrait un « biotope de pâturage » pour des poissons herbivores, les tortues marines herbivores *et, peut être même les dugongs.*

**C'est donc un impact très positif que de créer cette ébauche d'anse-lagune**

#### 1.4. Variante 2 (fig. 37)

La Variante 2 consiste à ne pas prolonger vers le Sud l'épi actuel de 1995 pour ne pas créer de nouveaux impacts sur la partie Nord du récif de Pamandzi, mais elle a pour corolaire de remblayer les petits fonds du lagon le long du littoral de Pamandzi, depuis Bandrabassi jusqu'au Nord de Sandravouangué, par le travers de la concession de Gendarmerie, ceci à fin de créer une piste convergente de 2.600 m de long.

C'est donc un remblai de près de 1.750 m, côté lagon, et 1.500 m, côté littoral qui devra être fait sur toute cette portion de littoral de Pamandzi S.O.

Ce remblai étant très près du littoral au Nord de Bandrabassi, au niveau de l'avancée, on peut craindre qu'une zone de lagon soit relativement enclavée et coupée des entrées maritimes.

**Cette anse-lagune aurait une surface de près de 12 ha, en pleine-mer de vives-eaux (PMVE) et de 1,9 ha au basses-mers de vives-eaux.**

D'après les simulations hydrodynamiques, il semble qu'il n'en serait rien, aucune zone de « mortes eaux » étant observées.



Figure 11 : Variante 2 (ADPi-SOGREAH, 2010, rapport AVP Phase 1 réf. [AJ])

Figure 37.

##### 1.4.1. Impacts le long du littoral de Bandrabassi

Dans cette configuration une anse-lagune plus vaste que dans le cas de la Variante 1, phase 2, est laissée entre le remblai de la piste, au Nord et le littoral actuel de Pamandzi S.O.

**La surface de cette anse-lagune serait de : 120.000 m<sup>2</sup> au PMVE.**

- En hiver austral, vives eaux :

- A mi-flot et aux maxima du flot et du jusant (D7, D1, D2 & D9) : l'ouverture et la partie médiane Nord de cette anse-lagune est parcourue par des courants, rentrants puis sortants, assez forts, de vitesses 50 à 30 cm/s, surtout sur le littoral (travers de la gendarmerie) et sur le bord Ouest, courants qui maintiennent sur ces petits fonds de bonnes conditions pour l'implantation d'herbiers de phanérogames

marines aimant des courants de fond soutenus (*Cymodocea* spp., *Halodule uninervis* forme large et même *Thalassodendron ciliatum* et *Syringodium isoetifolium*).

Par contre, la partie médiane Sud qui est ainsi enclavée, n'est parcouru que par des courants plus faibles (30 à 10 cm/s). Ces fonds sont donc propices à une sédimentation plus vaseuse, dont les sédiments seraient colonisés par les différents faciès de la grande « Biocénose des Sédiments Vaseux de Mode Calme » (définie à Madagascar, Tuléar, par THOMASSIN, 1978, et à Mayotte par GOUT, 1991) et que pourraient coloniser, en pelouses, des *Halophila*, notamment *H. ovalis*. Dans la zone médiolittorale de l'estran, les palétuviers *Avicennia marina*, mêlés peut être de *Sonneratia alba* et *Rhizophora mucronata*, pourraient s'installer créant une frange côtière d'un beau vert.

- A la pleine-mer (D8) comme à basse-mer (D10) : l'anse-lagune montre un calme plat sur toute sa surface (courants de 5 à 0 cm/s).
- *En hiver austral, mortes-eaux :*
  - Au maximum du flot (D3), à mi-jusant (D13) et au maximum du jusant (D4), ainsi qu'à pleine mer (D12) et basse-mer (D14) : toute l'anse-lagune est soumise à un mode très calme (courant de 10 à 0 cm/s), à l'exception d'une zone un peu mieux baignée sur le littoral tout au Nord, sur l'avancée au Sud de Sandravouangué.
- *En hiver austral, moyennes eaux :*
  - Au maximum du flot (D5), à la pleine mer (D16) et au maximum du jusant (D6) et à la basse-mer (D18) : la plupart des fond de l'anse-lagune sont en mode calme (courant de 25 à 0 cm/s) favorisant une sédimentation fine, vaseuse (cf. ci-dessus).  
Par contre, par le travers de l'avancée littorale au Sud de Sandravouangué et ce jusqu'au remblai, on observerait une zone où les courants seraient plus forts (de 30 à 50 cm/s), ce qui maintiendrait ici une sédimentation un peu plus sableuse, voire plus grossière.
  - A mi-flot (D11, D15) : on observerait un calme hydrodynamique sur toute l'anse-lagune, les courants seraient très faibles (20 à 0 cm/s), ceci à l'exception d'une zone réduite au Sud de l'avancée au Nord de Bandrabassi ;
  - A mi-jusant (D17) ; l'inverse s'observerait, mais le gradients serait le même que précédemment.

## CONCLUSION

**La création d'une anse-lagune de dimensions plus importantes, de près de 12 ha en PMVE (même si les simulations ne prennent pas en compte la création d'une piste de roulement pour un accès au tarmac), crée certes un biotope bien « enclavé », à l'hydrodynamisme relative calme, mais où les masses d'eau seraient assez bien renouvelées lors des flots et jusants de vives-eaux.**

**Le « temps de résidence des eaux » dans cette anse-lagune serait d'une douzaine d'heures, ce qui pour SOGREA « devrait permettre d'éviter les problèmes d'eau**

stagnante. Ces variations de la hauteur d'eau dans la lagune d'au moins 1 à 2 m assurent un renouvellement complet ».

Même dans la partie la plus interne de cette anse-lagune, il n'y aurait pas de « présence de zone de mortes eaux » d'après SOGREAH (2011).

Toutefois, les fonds de cette anse-lagune devraient être assez vite colonisés par des faciès de la « Biocénose des Sédiments vaseux de Mode Calme » (SVMC), dont des herbiers de phanérogames marines qui pourraient être assez diversifiés et un embryon de mangrove de palétuviers dans la zone de l'estran le plus interne. Cela deviendrait un « biotope de pâturage » pour des poissons herbivores, les tortues marines herbivores et, peut être même les dugongs.

**C'est donc un impact très positif que de créer cette anse-lagune.**

#### MESURES COMPENSATOIRES DANS LE CADRE DE CET AMENAGEMENT :

- La création de cette anse-lagune, avec fonds d'herbiers de phanérogames marines, bande littorale de palétuviers sur les estrans médiolittoraux les plus internes, et flore et faune supra- et ad-littorales pourrai être valorisée par la création d'un « Parc naturel marin » ouvert au public, au moins sur les berges.
- L'édification d'un remblai de plusieurs mètres de hauteur au-dessus des plus hautes mers pourrait être valorisée par la création en son sein d'équipements publics.

Par exemples :

- La station d'épuration des eaux usées de Petite Terre pourrait y être construite en souterrain<sup>6</sup>, avec rejet de l'effluent traité dans les eaux lagunaires proches (qui sont tout à fait appropriées pour recevoir un tel rejet – cf. le rejet de la STEP du Baobab, à Mamoudzou, dans le chenal de l'îlot Bouzi).
- Un grand parking pouvant recevoir les véhicules ne trouvant pas de place sur les parkings de l'aéroport.

<sup>6</sup> La station d'épuration et de traitement des eaux usées de Marseille est bien construite sous la pelouse du stade Vélodrome.

## CONCLUSION ET AVIS SUR LES DIFFERENTES VARIANTES D'AMENAGEMENT ENVISAGEES

Tout le secteur Sud de l'île de Pamandzi et plus particulièrement la pointe de l'aéroport formée de strates de cinérites et de ponces trachytiques est un environnement marqué par de nombreux mouvements tectoniques relativement récents (les cratères de la Vigie et du Dziani Dzaha, qui constituent la moitié Est de l'île ayant probablement un âge de 500.000 ans environ).

Cet environnement jouxte la partie septentrionale du récif barrière de Pamandzi, et plus particulièrement la zone située par le travers et au Nord de l'îlot de sable.

Le contournement de cette pointe de l'aéroport par les eaux rentrant depuis l'océan et sortant depuis le lagon Nord Ajangoua-Bandrélé se faisait par l'intermédiaire d'une large dépression ou déversoir de platier. Ces fonds parcourus par des courants étaient donc propices à l'établissement d'herbiers de grandes phanérogames marines.

En 1994-95, un premier prolongement de la piste de l'aéroport a été réalisé en remblayant, à partir de l'extrémité de la pointe de l'aéroport, le platier récifal et plus particulièrement ce grand déversoir, sur une longueur de près de 500 m.

Des nappes d'eau de mer, turbides, s'échappèrent des zones de remblais durant la phase travaux et se dispersèrent dans l'océan comme dans le lagon, les barrages mis en place ne tenant pas sous l'effet des vagues et des courants de marées assez forts.

Une fois ce 1<sup>er</sup> épi en place, les eaux empruntant ce platier le contournèrent en creusant un nouveau déversoir de platier à son extrémité, tandis que des zones de relatif calme hydrodynamique se créèrent au niveau de vortex, aussi bien côté platier externe et Sud du récif frangeant de la plage Est de l'aéroport que sur le platier interne et plus particulièrement au pied de cet épi. Les courants empruntant ce nouveau déversoir jouèrent un rôle dans l'amaigrissement des herbiers de grandes phanérogames en place, voire leur destruction et remplacement par des cuvettes aux fonds sablo-graveleux.

Or, ces herbiers de phanérogames marines (faciès d'épiflore de la grande « Biocénose des Sédiments de Mode Calme » ou Biocénose SVMC, définie à Madagascar – Tuléar, par BA. THOMASSIN, 1978), sont un biotope particulier, à la riche petite faune de la frondaison épigée (espèces fixées et vagiles), source de nourriture et de refuge pour de très nombreux invertébrés (petits crustacés, mollusques et juvéniles de poissons). Les grosses espèces herbivores viennent s'y nourrir : bancs de poissons herbivores, tortues marines et dugongs.

Dans le cadre des différentes variantes d'aménagement proposées pour la création d'une piste longue destinée aux vols long-courriers, 3 propositions principales ont été faites à la DGAC / SNIA :

- Variante 1, phase 1 : prolongation de l'épi actuel sur une longueur de près de 550-570 m en direction du SSE sur le platier du récif de Pamandzi, ce qui conduirait à l'édification d'un épi-barrage de plus de 1.050 m de long prolongeant la pointe de l'aéroport ;
- Une proposition pour créer 2 dalots de chacun 20 m de large traversant ce nouveau remblai a été faite, ce à fin de tester si une amélioration des échanges des masses d'eau pouvait être apporté à cette variante 1, phase 1.
- Variante 1, phase 2 : on considère que la prolongation de l'épi actuel sur une longueur totale de plus de 1.050 m est réalisé, et l'on remblaie alors la portion littorale Nord-Ouest de la pointe de l'aéroport, sur les beach-rocks et plate-forme rocheuse existants, en direction du NNO, tout en détruisant le frange arbustive Ouest de la pointe et les bosquets de palétuviers voisins, pour créer une piste convergente de

2.600 m de long au total. Entre ce nouveau remblai et le littoral est laissé une petite anse-lagune ouverte vers le Nord-Ouest.

- Variante 2 : *statu quo* en ce qui concerne l'épi actuel de 1995 et remblaiement du littoral Nord-Ouest de Pamandzi, par le travers de Bandrabassi et jusqu'au Nord de Sandravouangué (travers de la Gendarmerie) pour obtenir une piste convergente de 2.600 m au total. Entre ce nouveau grand remblai sur les petits fonds du littoral Sud-Ouest de Pamandzi et le littoral une assez vaste anse-lagune est laissée (12 ha en pleine-mer de vives-eaux, 1,9 ha aux basses-mer de vives-eaux). Cette anse lagune monterait un renouvellement des eaux d'environ toutes les 12 heures et il n'y aurait jamais de « mortes-eaux ».

Les différents scénarii de la variante 1, phase 1 et 2, obligent à la construction d'un « épi-barrage » de plus de 10.50 m de long en travers du déversoir actuel et du platier récifal Nord du récif de Pamandzi.

Compte tenu des incidences sur le mode hydrodynamique, avec apparition de zones de creusement (érosion-transport des sédiments carbonatés), pour refaire un nouveau déversoir de platier à l'extrémité de cet « épi-barrage », et de zones de calme hydrodynamique induisant des sédimentations relativement fines, voire vaseuses, sur ces fonds,

- les impacts négatifs que ces ouvrages créeraient sont trop importants pour la qualité des masses d'eau transitant sur ce platier (notamment pour le phytoplancton et le zooplancton, mais aussi pour les échanges de larves entre océan et lagon) et pour le développement des peuplements de ce platier : platier de substrats durs plus ou moins recouverts de peuplements alguaires, taches d'herbiers de phanérogames marines, notamment du platier interne et du haut de la pente interne sur la lagon.

**□ En conséquence, ces scénarii de la Variante 1 ne peuvent être retenus.**

Par contre, l'utilisation de l'épi actuel de 1995, sans grande modification si ce n'est qu'en largeur, et la construction d'une piste convergente de 2.600 m au total, en emprises sur la portion Ouest de la pointe de l'aéroport et sur les petits fonds du lagon Ouest, vers le NNO, par un remblai de près de 1.750 m, côté lagon, et 1.500 m, côté littoral, élimine les impacts négatifs de la variante 1.

De plus, elle crée, entre ce long remblai et le littoral une grande anse-lagune, ouverte sur le lagon vers le NNO.

De par le bon renouvellement des eaux de ce plan d'eau et du gradient de courants de marées que l'on observera depuis son ouverture jusqu'à sa portion la plus interne, ce nouveau milieu s'enrichira de lui-même, avec installation à l'ouverture d'herbiers de grandes phanérogames (*Thalassodendron*, *Syringodium*, *Cymodocea* et *Halophila*) et très probablement, sur l'estran médiolittoral interne d'une lisière de palétuviers. D'ailleurs l'installation de cette lisière pourrait être accélérée et même paysagée par l'implantation de jeunes plantules de certaines espèces de palétuviers (dont des *Avicennia marina*). Un parc marin aquatique pourrait être ainsi créé.

Afin que cette anse-lagune ne soit pas encombrée de macro-déchets flottants emportés par les courants côtiers et/ou les vents, un dispositif évitant leur intrusion dans ce plan d'eau peut être envisagé (rideau de bulles d'air comprimé, barrage flottant, etc.).

Enfin, l'édification d'un remblai de hauteur imposante pourrait permettre d'utiliser une partie de ce volume pour y construire, en souterrain, des aménagements nécessaires à la Petite Terre et qui n'y trouvent pas de place aujourd'hui, vu le peu de surfaces encore disponibles ; par exemple : la station d'épuration des eaux usées, avec rejet des effluents dans les fonds du lagon adjacents (propices à de tels rejets du fait de leurs caractéristiques physico-chimiques).

□ C'est donc cette Variante 2 que nous plébiscitons pour son respect des environnements marins de ce secteur récifal et lagunaire.

## REFERENCES CITEES

- BERLAND B., GRZÉBYK D., THOMASSIN B.A., ARNOUX A.**, 1994. *Lagon de Mayotte : dinoflagellés associés à la ciguatera (Mission Octobre 1992)*. Rapp. CORDET n° 91-D-310 (arrêté subv. N° 91-CD-16) Risques ciguatériques à Mayotte : 14 pp. + annexes
- BIGOT L., QUOD J.-P., MAGGIORANI F., TURQUET J.**, 1996. *Allongement de la piste aéroportuaire de Pamandzi (Ile de Mayotte). Suivi environnemental du milieu et des peuplements marins*. Rapp. ARVAM/SPEM pour le compte de la Coll. Terr. Mayotte, juin 1996 : 50 pp. multigr.
- « **CETE Méditerranée** » (**PORCHER M., MELIO M., DUBOIS M.**), 1987. Etude d'impact de l'extension de la piste de l'aéroport de Pamandzi (Ile de Mayotte). Rapport CETE, Departm. Aménagement – Construction – Environnement, Service Environnement Milieu naturel, déc. 1987 : 138 pp. multigr.
- "**CETE Méditerranée**" - **D.H.A.C.E. Service Environnement**" (**SEGUIER J., THOMASSIN B.A., GALINDOU L.**), 2002. *Dossier de mise aux normes de l'aérodrome de Dzaoudzi - Pamandzi - Ile de Mayotte. Etude d'impact et demande d'autorisation au titre de la Police de l'Eau*. Rapport Ministère de l'Equipement, des Transports, du Logement, du Tourisme et de la Mer, Dir. Gén. Aviation civile, Serv. Bases aériennes, Départ. Etudes générales & d'aménagement, Bonneuil-sur-Marne cedex, juillet 2002 : 1-102, + annexes.
- COLONNA M.**, 1994. *Chronologie des variations du niveau marin au cours du dernier cycle climatique (0-140 000 ans) dans la partie sud-occidentale de l'Océan Indien*. Thèse doct. Univ. Provence, spéc. : Sédimentol.-Géochimie isotopique, 26/09/94 : 1-293, I-XXII.
- COLONNA M., CAMOIN G.F., CASANOVA J., DULLO Ch., THOMASSIN B.A.**, 1994. Chronology of sea level changes during the last climatic cycle (0 - 140 000 ans B.P.) in the south-western part of the Indian Ocean. C.L.I.P. (Climate in the Past) Report for 1994, UNESCO-IUGS, abstract : 1 p.
- COLONNA M., CASANOVA J., DULLO W-Chr., CAMOIN G.**, 1996. Sea-level changes and  $O_{18}$  record for the past 34 000 yr. from Mayotte reef, Indian Ocean. *Quaternary Research*, 46 : 335-339.
- COLONNA M., CASANOVA J., CAMOIN G., MONTAGGIONI L., THOMASSIN B.**, 1993. Variations environnementales de l'Océan Indien occidental au cours de l'holocène : enregistrement par les récifs coralliens. 4<sup>ème</sup> Congr. Fr. Sédimentol., Paris, Publ. A.S.F., n° 19, Résumés : 368.
- DE LA TORRE Y., DOLIQUE F., JEANSON M.**, 2006. *Morphodynamique des littoraux de Mayotte. Phase 2 : mise en place d'un réseau de quantification de l'érosion côtière*. Rapport B.R.G.M. n° BRGM/RP-54832-FR : 71 pp. multigr.
- DEBEUF D.**, 2004. *Etude de l'évolution volcano-structurale et magmatique de Mayotte (archipel des Comores, océan Indien)*. Thèse Doct. Univ. la Réunion, Fac. Sci. & Techn., 29 sept. 2004 : 277 pp. multigr.
- PARETO**, 2009. *Déserte aérienne de Mayotte. Etude d'environnement dans le cadre de la réalisation d'une piste longue adaptée aux vols long-courriers. Etat initial du milieu marin naturel*. Document provisoire. Rapport pour SOGREAH / ADPi et DGAC : 74 pp. multigr.

- QUOD J.-P., BIGOT L., MAGGIORANI J.-M.**, 1994. *Allongement de la piste de Pamandzi (Ile de Mayotte) ; point zéro du milieu marin*. Rapport « A.R.V.A.M. » La Réunion pour le compte de la Coll. Terr. Mayotte, Saint-Denis : 32 pp. multigr. + annexes.
- QUOD J.-P., TURQUET J., (en coll. MAGGIORANI-CHARPENTIER F., LEGRAND A., BOUAICHA N., GLEIZES E., DRAGGACCI S.)**, 1996. *Surveillance écotoxicologique du lagon de Mayotte. Evaluation du risque ciguatérique en 1996*. « ARVAM » / SPEM, déc 1996 : 43 pp multigr.
- SOGREAH /ADPi**, 2011. *Déserte aérienne de Mayotte. Réalisation d'une piste longue adaptée aux vols long-courriers. Avenant 1 – Dossier Maître d'Ouvrage. Effets des différentes variantes d'aménagement envisagées pour l'extension de la piste, avec et sans dalots à travers les remblais, sur l'hydrodynamique locale*. Rapport pour DGAC : 18 pp. + annexes.
- THOMASSIN B.A.**, 1997. *Projet de rejets d'eaux après traitements de l'Unité de dessalement d'eau de mer "Sogéa" de Pamandzi (S.S.W. de la Vigie), "Petite Terre", Mayotte. 1<sup>ère</sup> partie. Etude de "point zéro" du site ; réflexions sur les impacts possibles sur les peuplements marins et sur le site de rejet de l'effluent*. Rapport G.I.S. "Lag-May", Mayotte & C.O.M. Marseille, oct. 1997 : 34 pp. multigr.
- THOMASSIN B. A.**, 1999 a et b. Mayotte, île volcanique à large lagon (N. Canal de Mozambique, Océan Indien) : sa construction et celle de ses récifs coralliens (en 2 parties). *Bull. Naturalistes., Historiens & Géographes de Mayotte*, n° 1, mars 1999 : 4-18 & n° 2, oct. 1999 : 21-30.
- THOMASSIN B.A., ALI HALIDI M., QUOD J.-P., MAGGIORANI J.-M., BERLAND B., GRZÉBYK D., COQUEUGNIOT J.**, 1992. Evolution of *Gambierdiscus toxicus* populations in the coral reef complex of Mayotte island (SW Indian ocean) during the 1985-1991 period, *Bull. Soci. Path. Ex.*, 85 : 449-452.
- TRAINEAU H., SANJUAN B., BRACH M., AUDRU J.-C.**, 2006. *Etat des connaissances du potentiel géothermique de Mayotte*. Rapport final n° B.R.G.M./RP-54700-FR, mai 2006 : 81 pp. multigr., 31 ill., 2 annexes.