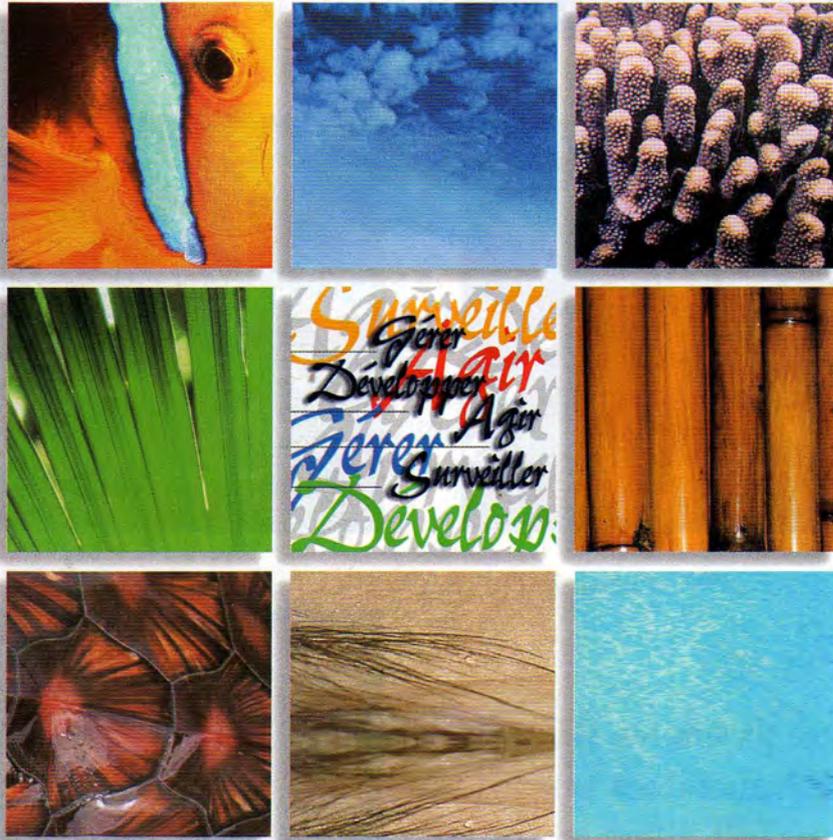


MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT

Délégation à l'Environnement

Motu naturels, motu artificiels

PRINCIPALES CONTRAINTES ENVIRONNEMENTALES
ET RECOMMANDATIONS POUR LES PROJETS D'AMÉNAGEMENTS





Le motu, l'éclat du diamant, la fragilité du verre

Parmi les paysages polynésiens, les motu occupent sans conteste une place privilégiée.

De tous temps, ces îlots ont servi d'escale aux pêcheurs, de lieu de reproduction pour de nombreuses espèces animales. Peu à peu, leur occupation éphémère est devenue permanente, surtout dans les atolls où les chapelets d'îlots constituent les seules terres émergées.

Le développement hôtelier, la réussite commerciale du produit "séjour sur un motu" ont généré une sur-occupation de l'espace et provoqué la création de motu artificiels.

Dans un cas comme dans l'autre, les aménagements qui en résultent ne sont pas sans conséquence sur le milieu.

Le motu naturel et ses abords constituent un ensemble sensible en équilibre instable. Rompre cet équilibre se traduit généralement par une modification du littoral et des fonds récifaux. De même, la création d'un motu, ne peut à l'évidence, que rompre l'équilibre du milieu.

Certes, le développement est une nécessité indiscutable, mais il nous appartient d'en garantir la durabilité, par le maintien des équilibres essentiels à la vie.

Les motu polynésiens sont des bijoux de la nature, dont nous n'avons que l'usufruit !

Ce document s'adresse aux aménageurs, quels qu'ils soient. Il est le résultat d'une étude initiée par mon prédécesseur Patrick Tahiatia Howell. Il formule certaines recommandations et brosse un tableau rapide des mécanismes qui animent la vie de nos chers motu. De vrais diamants... aussi fragiles que le verre.

*Karl Meuel
Ministre de l'Environnement*

“MOTU” : ÎLE BASSE OU ÎLOT EN TAHITIEN

Définition géomorphologique : “petit îlot individualisé constitué de matériel détritique de dimensions variables pouvant inclure des blocs et situé sur la couronne récifale d’un atoll ou sur une barrière récifale d’île haute. Les motu sont généralement situés en chapelets séparés par des hoa.”

Ces îlots n’excédant pas quelques mètres d’altitude sont de dimensions et de formes variables :

- îlots isolés de formes circulaires à oblongues et de quelques dizaines de mètres à plusieurs centaines de mètres de diamètre,
- îlots allongés parallèlement à la pente externe et pouvant atteindre plusieurs kilomètres de linéaire, ces derniers sont entrecoupés de chenaux peu profonds, les “hoa”, qui font communiquer ou non l’océan et le lagon.

Les motu constituent les terres émergées des couronnes récifales des atolls, mais sont aussi présents sur les récifs barrières des côtes Nord et Est de certaines îles hautes telles que Bora Bora et Huahine.

Ils sont pour la plupart recouverts d’une végétation spécifique (cf. page 4) et de cocoteraies.

De façon générale, ces îlots sont encore peu perturbés par les travaux d’aménagement, excepté au niveau des villages des atolls où ils constituent les seules terres émergées.

Les dégradations les plus importantes ont été jusqu’à présent induites par les infrastructures aéroportuaires qui ne pouvaient, dans la plupart des cas, être implantées que sur ces surfaces de terre planes disponibles.

Par contre depuis quelques années le développement du tourisme en Polynésie française a conduit les aménageurs à s’intéresser aux motu. Dans un premier temps, ils constituaient le lieu “d’aventure” ou de “pique nique” pour les hôtels localisés sur le littoral des îles hautes. Puis les terrains disponibles sur le littoral et adaptés à un projet hôtelier se faisant plus rares, les projets ont commencé à voir le jour sur les motu. Enfin, le développement des complexes hôteliers avec bungalows sur pilotis a conduit les aménageurs à envisager, lorsque le nombre des bungalows sur l’eau est important, la mise en place de motu artificiels permettant une liaison entre plusieurs séries de bungalows sur pilotis.

Qu’ils soient donc naturels ou artificiels, les motu sont devenus un attrait supplémentaire pour la réalisation d’aménagements touristiques. Ils possèdent néanmoins des contraintes environnementales et techniques fortes dans le cadre d’un aménagement.

Il apparaissait donc souhaitable de préciser quelques informations de base concernant ces îlots afin d’attirer l’attention des aménageurs sur les contraintes environnementales et techniques rencontrées sur ces milieux spécifiques.

LES MOTU NATURELS.

Généralités

Ils sont constitués d'une accumulation de matériels détritiques coralliens (sable, blocailles et blocs), mis en place à l'occasion de tempêtes et d'épisodes cycloniques et reposent sur un soubassement constitué d'un conglomérat récifal ancien. Ce dernier affleure souvent largement dans la partie au vent face à l'océan. Les accumulations de blocs (côté océan) constituent des levées détritiques qui se superposent dans le temps et évoluent avec les tempêtes et cyclones. Côté sous le vent (ou côté lagon), les formations détritiques sont plus fines et l'on y observe fréquemment des épandages de débris coralliens (iri iri), et des plages sableuses. La présence de lambeaux de beach rock ou grès de plage formant des bancs inclinés vers le lagon est fréquente.

Enfin, la partie interne du motu est recouverte d'une faible épaisseur de sol (sol peu évolué). On rencontre localement des dépressions marécaugeuses à accumulations sablovaseuses.

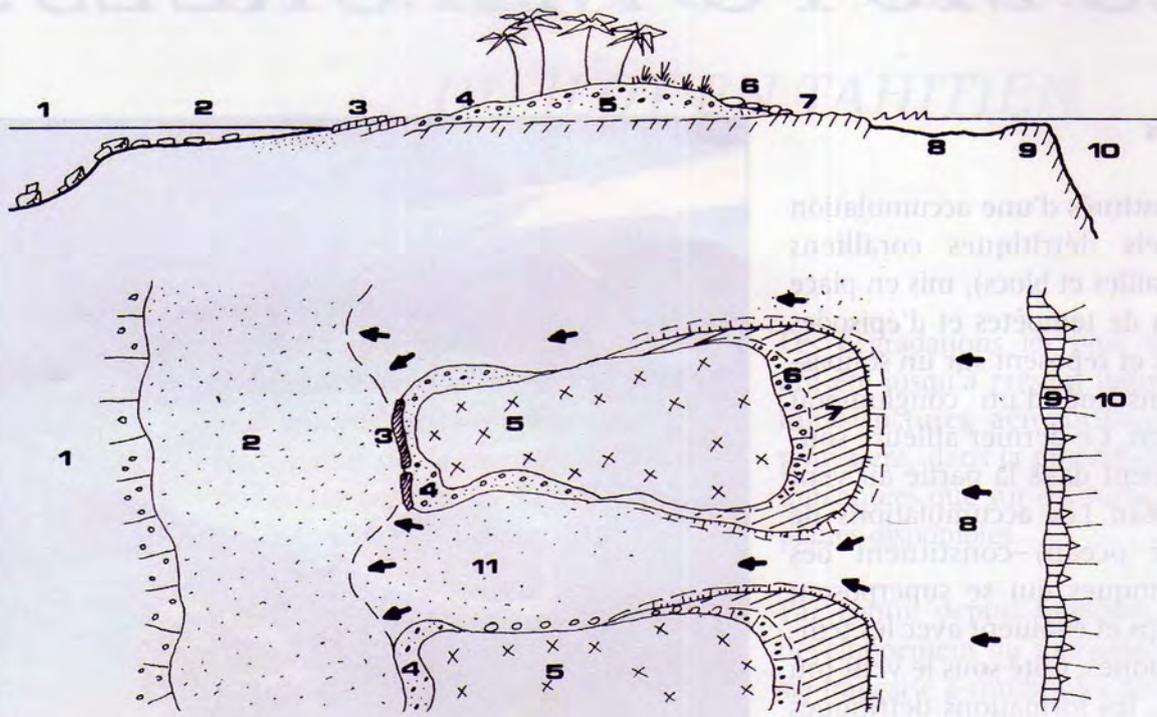
La végétation est composée d'espèces typiques (cf. coupe schématique ci-jointe) notamment sur le pourtour du motu et sa partie au vent. La partie interne correspond le plus souvent à une cocoteraie clairsemée à pelouse sèche.

En fonction de la dimension des motu et de la puissance des accumulations détritiques, le sous-sol peut contenir une lentille d'eau douce plus ou moins saumâtre. Cette nappe constitue bien souvent la seule ressource en eau, notamment dans les atolls et doit en conséquence faire l'objet d'une protection.



Spécificité et sensibilité des motu

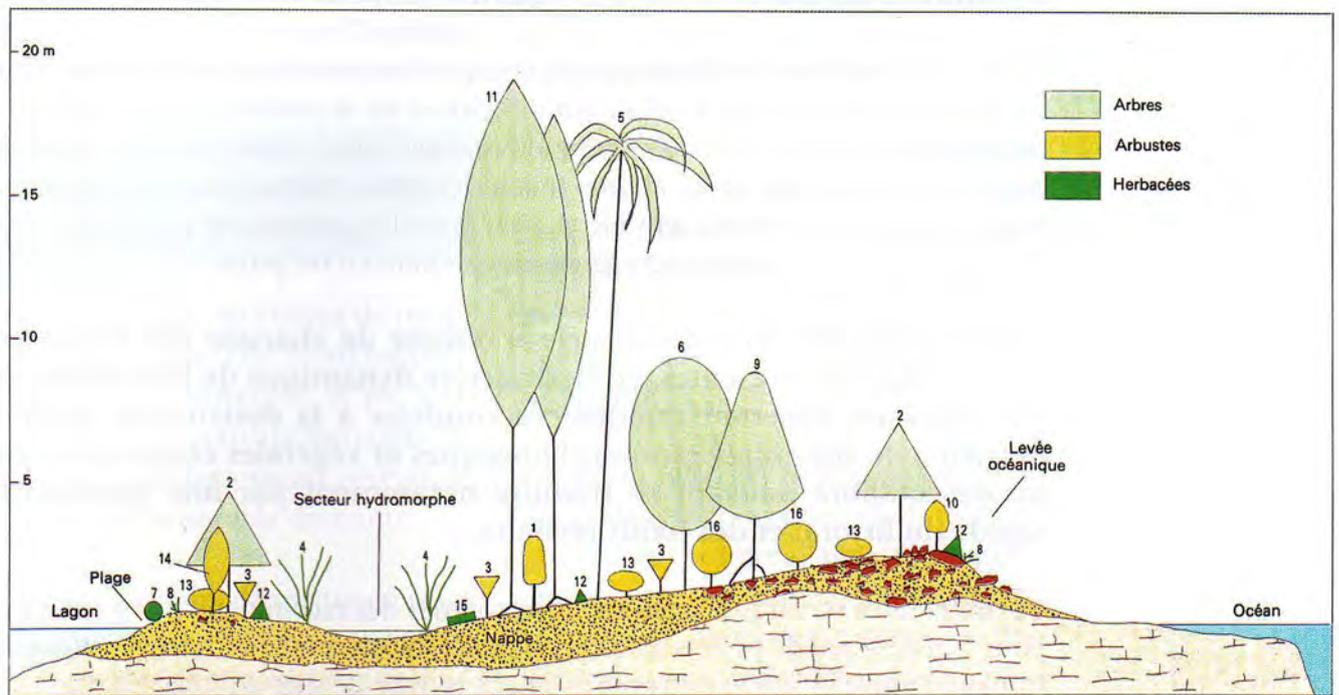
On retrouve sur une surface restreinte toutes les caractéristiques des phénomènes insulaires : zone très exposée "au vent" et zone plus calme sous le vent, et bordures latérales perpendiculaires à la pente externe du récif en général soumises aux effets hydrodynamiques de forts courants de vidange du platier. Ces particularités liées aux phénomènes météorologiques et hydrodynamiques donnent au motu un caractère dynamique, le littoral évolue fréquemment à l'occasion de fortes tempêtes.



Légende :
 1/ Lagon — 2/ Platier interne (sable dominant) — 3/ Beach-rock — 4/ Plage — 5/ Motu
 6/ Levées détritiques et rempart de blocs — 7/ Conglomérat — 8/ Platier externe (bocailles
 dominantes) — 9/ Front récifal — 10/ Pente externe (Océan) — 11/ Hoa
 ➔ Courant sur le platier

Principales unités géomorphologiques d'un motu localisées sur la couronne récifale d'un atoll ou le récif barrière d'une île haute... L'importance des différentes unités est fonction des conditions de site, certaines unités telles les beach-rock pouvant être parfois absentes.





- | | | | | | | | |
|---|-----------------------------|---|------------------------------|----|---------------------------|----|------------------------------|
| 1 | <i>Achyranthes velutina</i> | 5 | <i>Cocos nucifera</i> | 9 | <i>Pandanus tectorius</i> | 13 | <i>Scaevola sericea</i> |
| 2 | <i>Argusia argentea</i> | 6 | <i>Guettarda speciosa</i> | 10 | <i>Pemphis acidula</i> | 14 | <i>Suriana maritima</i> |
| 3 | <i>Chamaesyce atoto</i> | 7 | <i>Heliotropium anomalum</i> | 11 | <i>Pisonia grandis</i> | 15 | <i>Triumfetta procumbens</i> |
| 4 | <i>Cladium jamaicense</i> | 8 | <i>Lepturus repens</i> | 12 | <i>Portulaca lutea</i> | 16 | <i>Timonius polygamus</i> |

Sur les atolls, les groupements azonaux se répartissent en fonction du substrat fin ou grossier des débris coralliens, de l'exposition aux embruns et de la proximité d'une nappe d'eau douce. Du lagon à l'océan, on distingue ainsi un groupement à *Suriana-Heliotropium*, auquel succède un marécage à *Cladium* dans les lagunes ou les parties où affleure une nappe. C'est dans les stations les plus abritées des motu, au sol profond et à la nappe proche que se développe la forêt à *Pisonia*, généralement remplacée depuis cent cinquante ans, par la cocoteraie. Côté océan sur substrat plus grossier, se succèdent la forêt à *Guettarda-Pandanus* et le groupement bas à *Scaevola-Timonius-Argusia*. Enfin, les stations sur conglomérat de plage sont occupées par *Pemphis* et le rare *Hedyotis romanzoffiensis*.



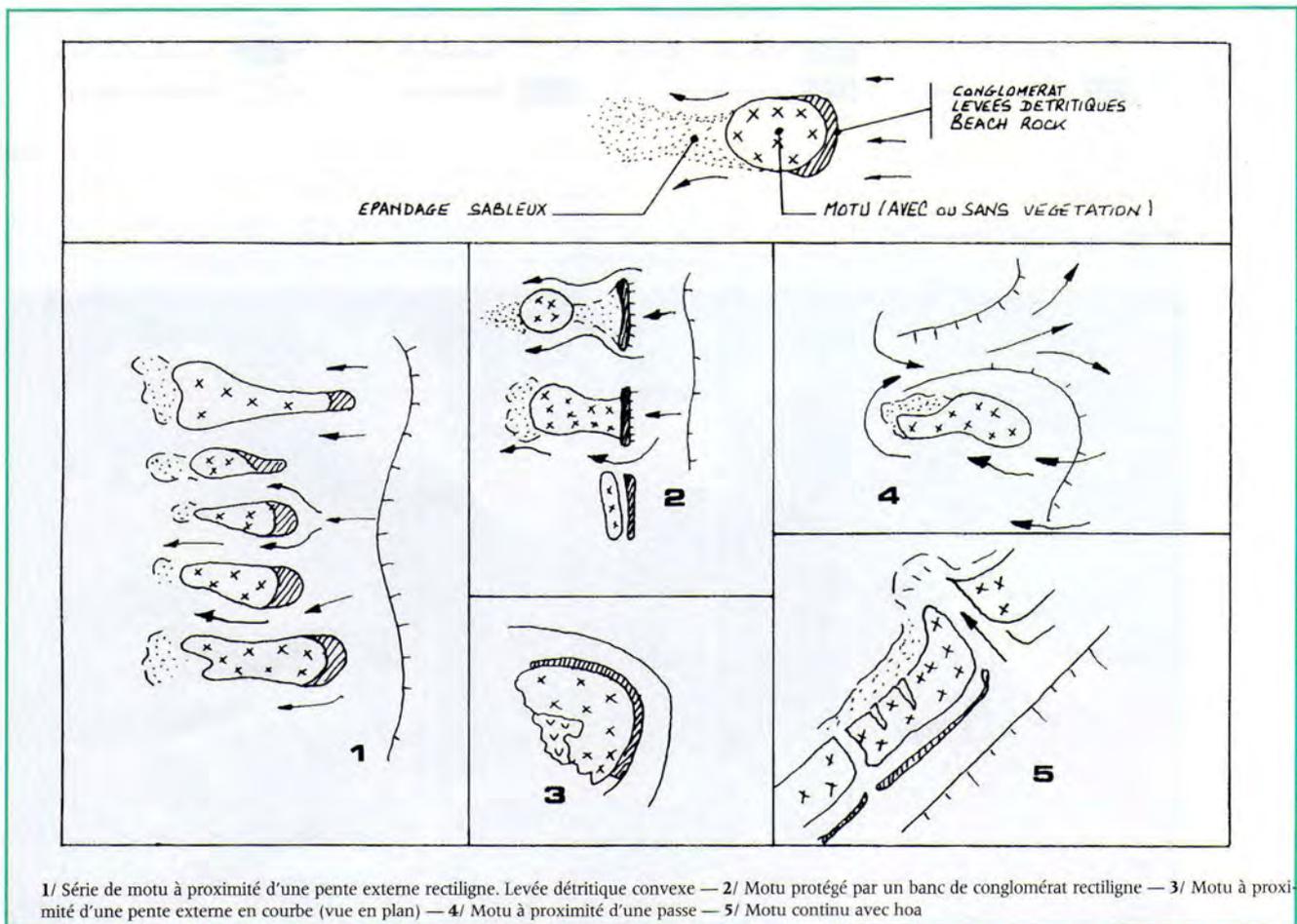
Végétation de la côte exposée à l'océan...

Le littoral d'un motu est donc en équilibre instable ainsi que sa végétation.

Enfin, la diversité des faciès géomorphologiques rencontrés sur une surface limitée au niveau du motu, mais aussi autour de celui-ci sur le platier, ainsi que la position particulière des motu dans une zone d'échanges entre océan et lagon, conduit à conclure que le motu et ses abords (platier externe, interne, hoa) constituent un ensemble particulièrement sensible et pour lequel une attention particulière devra être portée sur les conséquences environnementales d'un projet d'aménagement.

En effet, compte tenu de la surface réduite de chacune des unités géomorphologiques présentes, et du caractère dynamique de l'ensemble, certains travaux pourront rapidement conduire à la destruction d'une ou plusieurs de ces unités géomorphologiques et végétales et entraîner ainsi un déséquilibre pouvant se traduire notamment par une modification rapide du littoral et des fonds récifaux.

Ces différentes remarques conduisent à proposer des recommandations spécifiques pour la réalisation de projets d'aménagements sur un motu, afin d'éviter toute perturbation grave et souvent irréversible dans ce type de site, du milieu naturel.



Quelques exemples de formes de motu...

Diversité des formes liées à l'exposition et aux conditions géomorphologiques et hydrodynamiques...

Quelques recommandations générales pour la réalisation d'aménagements sur un motu

Tous travaux dans les hoa (sauf des travaux éventuels de réhabilitation) seront à interdire.

De façon générale, on évitera de modifier la morphologie d'un motu (reprofilage des levées détritiques et du littoral), ces travaux pouvant entraîner de profondes perturbations au niveau de la stabilité de l'ensemble du motu.

De même on évitera de mettre en place des structures (murs, bâtiments importants) pouvant induire un effet de coupure dans les échanges entre les différentes unités géomorphologiques.

On préservera la végétation spécifique des motu et sa zonation naturelle. Dans le cas où des terrassements importants sont envisagés, les terrains devront être reprofilés de façon naturelle afin de simuler les profils d'origine. De même, il sera nécessaire de revégétaliser rapidement le site avec des espèces locales en densifiant si possible les plantations, notamment dans la zone exposée à l'océan.

Les travaux de terrassement dans les bancs indurés (conglomérat et beach rock, qui constituent une protection pour le motu) seront à proscrire. Éventuellement, des travaux destinés à améliorer la circulation et les échanges entre océan et lagon pourront être envisagés sous réserve d'une étude préliminaire permettant de vérifier la faisabilité et les contraintes environnementales du projet.

Il est important de rappeler qu'indépendamment de leur intérêt en tant qu'ouvrages naturels de protection du littoral, les conglomérats, beach rock et les Feos

sont des éléments du patrimoine géologique à préserver. Ils constituent d'autre part un intérêt paysager évident.

Dans certains cas on pourra être amené à renforcer la protection du motu au niveau de la zone au vent. Les ouvrages de protection à mettre en place devront impérativement être réalisés avec des matériaux locaux et simuler des contreforts naturels (type levées de blocs).

On devra observer la plus grande prudence dans la conception d'ouvrages de protection du littoral type épis, murs, brise-lames, ou ouvrages d'accostage (ponton, ...), dans un contexte hydrodynamique et sédimentologique aussi sensible et dynamique.

Dans ce type de site, les ouvrages imperméables et verticaux sont à proscrire, et l'on devra s'orienter vers des ouvrages perméables à pente faible. Concernant les pontons, ils seront à prévoir sur pilotis afin d'éviter de trop grandes modifications des écoulements.

Certains motu possèdent une lentille d'eau douce. Cette précieuse réserve d'eau sera à protéger, il sera alors nécessaire d'éviter toutes opérations visant à la polluer (par des rejets d'eaux usées, huiles de vidange, décharges d'ordures ménagères), ou à la surexploiter.

Enfin, au niveau paysager, on s'attachera à garder le caractère spécifique des motu, en masquant les bâtiments dans la végétation, et en réalisant des jardins d'ornements composés d'espèces locales.

Les motu sont des milieux très fragiles où de façon générale les aménagements seront à déconseiller.

LES MOTU ARTIFICIELS..

Ils correspondent à des remblais mis en place au droit du littoral, sur un platier récifal recouvert d'une faible hauteur d'eau.

Ils sont éventuellement reliés au littoral par un ponton ou une passerelle.

Leur nombre est relativement limité en Polynésie française et l'on peut distinguer les principaux types suivants :

- remblais constitués à la faveur d'un dragage réalisé pour la création d'un chenal ou d'une marina,
- réutilisation d'un ancien chemin de

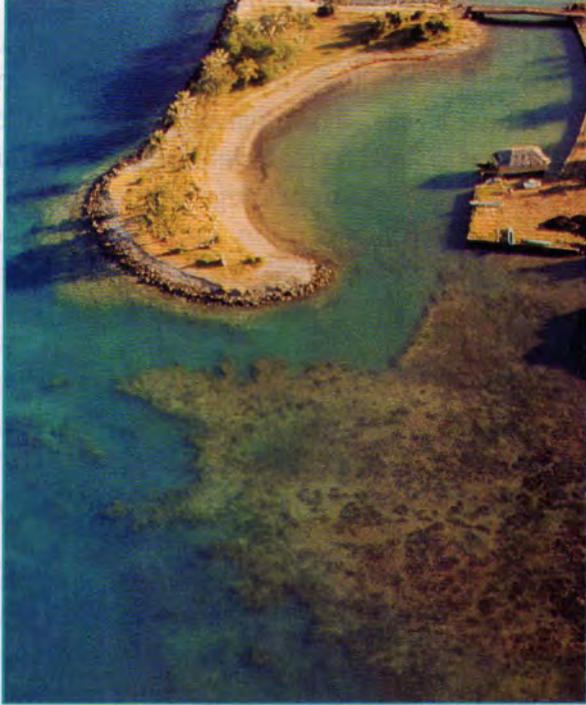
dragage d'une exploitation de soupe de corail pour un aménagement à caractère touristique,

- réalisation spécifique d'un îlot dans le cadre d'un aménagement hôtelier.

Leur taille est limitée, elle n'excède pas quelques centaines de mètres sur leur plus grande dimension, et leur hauteur est rarement supérieure à 1 mètre (voire 1,5 mètre) au-dessus du niveau moyen du lagon.

On peut citer de façon non exhaustive les quelques exemples suivants :

Localisation et but de l'aménagement	Dimension approximative (grande axe)	Type de milieu récifal concerné
1 • Îlot devant le Yacht Club à Tahiti (protégé par des murs, végétation rase)	< 100 m	• Récif enclavé dans le lagon
2 • Îlot du port de pêche de Pahiarepo à Paea (Tahiti). • Petit îlot à proximité de l'hôtel Maeva Beach (Tahiti) • Petit îlot : hôtel Kaveka (Moorea) • Petit îlot du Revatua à Bora Bora (en extrémité du ponton, et avec petite plage suspendue).	= 75 m < 50 m < 50 m = 35 m	• Platier du récif frangeant à pâtés coralliens épars (forte dégradation de l'ensemble de la zone liée au dragage du port). • Platier de récif frangeant détruit préalablement pour partie par des extractions de matériaux. • Platier de récif frangeant à pâtés coralliens épars. • Platier du récif frangeant.
3 • Deux îlots au Beachcomber Park Royal Tahiti avec bungalows sur pilotis en profil mixte.	80 m	• Récif frangeant (dégradé antérieurement par des exploitations de matériaux).
4 • Petit îlot Hôtel Gendron (végétalisé) non habité	100 m	• Platier à pâtés coralliens épars.
5 • Cinq îlots au Beachcomber Park Royal Moorea avec bungalows sur pilotis en profil mixte • Deux petits îlots Hôtel Marara à Bora Bora avec bungalows en profil mixte • Deux îlots avec bungalows sur pilotis Hôtel Kaina Village à Manihi	110 m < 30 m < 30 m	• Chemin de drague sur récif frangeant préalablement dégradé par une exploitation de soupe de corail • Platier du récif frangeant à pâtés coralliens épars • Platier interne sableux



Ces quelques exemples mettent en évidence (cf. photo ci-jointe) une diversité paysagère après réalisation des travaux, en fonction du but recherché (ouvrage portuaire, projet hôtelier avec bungalows ou non, aménagement paysager et revégétalisation ou non). De façon générale, les ouvrages en remblai ont été ceinturés par un mur vertical ou des enrochements. La topographie du terre-plein est plane et la végétalisation souvent modeste, voire inexistante pour certains projets non touristiques. La simulation d'un motu naturel n'a été obtenue qu'au niveau du motu de l'hôtel Gendron, une végétalisation importante a été mise en place. Toutefois, la réalisation de ce motu a nécessité des travaux de dragage qui ont fortement dégradé le milieu récifal, et porté atteinte à la stabilité du littoral.

Pour les autres motu artificiels, les

impacts majeurs concernent la destruction des fonds coralliens au droit du remblai, toutefois, dans de nombreux cas, des travaux antérieurs d'exploitation de matériaux coralliens avaient déjà fortement dégradé le milieu récifal. Dans certains cas, l'aménagement touristique a permis une restauration du site.

L'incidence de la mise en place des motu sur les conditions hydrodynamiques et sédimentologiques est difficile à apprécier, d'une part parce qu'il n'a pas été effectué d'étude spécifique avec point zéro, et d'autre part parce que la plupart de ces remblais sont liés à la réalisation d'une excavation ayant servi d'ailleurs à fournir les matériaux du remblai.

Les principaux impacts liés à la réalisation de motu artificiels sont résumés dans le tableau ci-dessous :

IMPACTS

Phase chantier (cf. terrassement - remblaiement)

- Destruction mécanique des fonds au droit de l'îlot et au niveau des voies d'accès à l'îlot. Impact variable en fonction du choix de la technique de mise en place des matériaux (par barge ou par piste d'accès à partir du littoral).
- Risque de pollution des zones voisines par la dispersion des sédiments fins lors de la mise en place des coeurs de remblai.

Après la mise en service des ouvrages

- Risque de modification des conditions hydrodynamiques et sédimentologiques en fonction des conditions de site et de la géométrie du ou des ensembles d'îlots (forme générale, orientation par rapport aux vents, courants et houles dominants, structures des ouvrages).
- Aspect esthétique : impact paysager (fonction de l'architecture des ouvrages et du contexte paysager local).
- Effet de coupure éventuel pour le passage des embarcations (pirogues, etc.).
- Incidence éventuelle sur la pollution des eaux : en cas de rejet des eaux usées et pluviales directement dans le milieu marin.
- Favorise la surfréquentation du milieu marin.

REMARQUES SPÉCIFIQUES AU MILIEU RÉCIFAL

- Impact variable en fonction de la nature des fonds :
 - faible à moyen sur les fonds détritiques,
 - fort à très fort sur les platiers coralliens construits et vivants

- Risques d'érosion ou d'hypersédimentation localisés autour des ouvrages ou dans les zones voisines sur le platier et le long du littoral.
- Modification éventuelle des biotopes.
- Peut favoriser les accumulations localisées de macrodéchets.
- Apport de nutriments et risque éventuel d'eutrophisation en zone calme.
- Risque de pollution bactérienne des eaux de baignade.
- Extension sur le platier externe induisant une augmentation de la collecte et du piétinement.

Recommandations pour la réalisation d'un motu artificiel

RECOMMANDATIONS

POUR LA RÉALISATION D'UN MOTU ARTIFICIEL

De façon générale la réalisation de motu artificiels est à déconseiller. Elle devra être interdite dans les milieux sains et pourra être envisagée dans le cas particulier d'un site dégradé pour lequel des projets de motu seront associés à une restauration du site. Le projet devra faire l'objet d'une étude préalable très sérieuse et d'un contrôle rigoureux en phase de chantier.

En cas de réalisation de tels aménagements les recommandations porteront sur :

- la forme à donner au motu,
- la structure du motu,
- la protection et l'aménagement de son littoral,
- l'aspect paysager,
- la phase chantier,
- Le suivi et la maintenance du motu.

Les problèmes à résoudre seront différents en fonction :

- **Du but recherché** et donc du type de motu à réaliser :
 - petit îlot de type "caye sableuse" utilisable pour l'excursion et sans infrastructures lourdes, ou îlot de liaison entre bungalows sur pilotis,
 - îlot avec infrastructure (bungalows habités),
 - îlot utilisable comme protection du littoral et/ou abri d'embarcations, etc.
- **Et des conditions de site :**
 - zone très exposée à la houle du large et aux cyclones,
 - zone moyennement exposée,
 - zone calme ou protégée.

Chaque cas sera donc un cas particulier couplant type de motu et conditions de site.

RECOMMANDATIONS GÉNÉRALES À PRENDRE EN COMPTE POUR TOUT TYPE DE MOTU

CHOIX DU SITE D'IMPLANTATION DU MOTU ET FORME DE MOTU

Le choix devra tenir compte :

- de la nature des fonds. Même dans une zone fortement dégradée, l'analyse du site permettra d'optimiser la localisation des aménagements et de "sauver" les quelques rares coraux vivants en les déplaçant avant le chantier.
- des conditions hydrodynamiques et sédimentologiques du site (direction des vents, des houles, des courants

dominants, type d'évolution sédimentaire) :

- le remblai mis en place pour créer un motu constituera un obstacle à la circulation des eaux sur le platier récifal. Sa forme devra donc être adaptée aux conditions hydrodynamiques et sédimentologiques du site afin de favoriser les écoulements et éviter les phénomènes d'érosion et la modification des biotopes de la zone concernée.

On s'inspirera des formes des motu naturels.

La forme de base peut être considérée comme celle d'une goutte d'eau, le grand axe étant parallèle aux forts courants dominants.

A partir de ce schéma de principe, on adaptera la forme aux contraintes spécifiques du site :

- Orientation différentes des houles et courants,

- Proximité de la pente externe ou interne,

- Proximité du littoral ou d'un autre motu naturel ou artificiel (existant ou à construire),

- Proximité d'un chenal.

On évitera les formes anguleuses favorisant en fonction du site l'érosion ou l'hypercédimentation, voire la stagnation des eaux et l'accumulation de macrodéchets.

LES STRUCTURES DE BASE DES MOTU

On s'inspirera comme précédemment des motu naturels.

Chaque exposition du motu nécessitera un traitement particulier pour lequel il sera nécessaire de définir la morphologie à donner au littoral, la nature des matériaux à mettre en place, et la pente de la frange littorale. Un soin particulier devra être apporté au raccordement du motu avec les fonds marins du platier récifale.

Les rivages exposés du motu devront faire l'objet d'une protection plus importante et la côte du motu pourrait dans certains cas être supérieure dans cette partie exposée (type levée détritique des motu naturels).

On évitera la mise en place de protections comportant des ouvrages verticaux et imperméables favorisant l'érosion et dont l'aspect paysager est contestable.

Dans ces zones exposées, on mettra en place si nécessaire une protection simulant des protections naturelles type

“rempart de blocs”, puis levée détritique, en utilisant de préférence des matériaux locaux.

Dans les zones moins exposées et notamment “côté lagon”, on pourra redonner au motu une pente douce et reconstituer une plage à l'aide de débris coralliens grossiers (type iri iri) ou de sable corallien.

Le cœur du motu sera constitué de matériaux grossiers, propres, c'est-à-dire sans sédiments très fins. En fonction des conditions de site et notamment des risques de déstabilisation par de fortes tempêtes ou des cyclones, le cœur de remblai devra être pour tout ou partie ceinturé par des ouvrages de protection à définir par le Maître d'œuvre en fonction du site et de la nature géologique du substratum (ou enrochement, ou rideaux de palplanches, voile béton, etc.).

Ces ouvrages seront ensuite masqués par des enrochements ou des formations détritiques.



Auteur : Michel Porcher - Décembre 1995
Photos de l'auteur - Mise en page : Scoop - 1997