

c) Travaux de dragage - Creusement ou élargissement de chenal, passe...  
Creusement de marina, abri portuaire, aire de baignade.

Impacts	Remarques spécifiques au milieu récifal
<p><b>Phase chantier</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Destruction des fonds au droit de l'extraction.</li> <li>• Augmentation de la turbidité et de l'hy-persédimentation (transit de panaches turbides vers les zones voisines à lointaines par le jeu des courants).</li> <li>• Perturbation de la faune par le bruit et les vibrations des engins.</li> </ul> <p><b>Après la fin du chantier (en cas de non restauration du site)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hypersédimentation en fond de souille.</li> <li>• Modification éventuelle des conditions sédimentologiques et hydrodynamiques du site.</li> <li>• Impact paysager.</li> </ul> <p><b>Cas particulier</b> : creusement d'une aire de baignade.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Extraction à proximité du littoral.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Destruction de platiers récifaux au droit de l'extraction et en fonction de la conception du chantier au droit des chemins de drague, des digues d'enclosure, des aires de stockage des matériaux.</li> <li>• Augmentation de la turbidité, formation de panaches turbides chargés en fines coralliennes, pouvant asphyxier les massifs coralliens à proximité du chantier et dégrader certains sites plus lointains (zones pièges, cellules de décantation, etc.).</li> <li>• Accumulation de fines de corail en fond de souille et sur les platiers proches (asphyxie du milieu corallien, repousse corallienne très difficile... "Zone morte").</li> <li>• Eaux turbides au moindre clapot par remise en suspension des sédiments fins.</li> <li>• Formation de zone pièges à sédiments et macrodéchets en fonction de la forme de la souille et des conditions hydrodynamiques du site.</li> <li>• Risque de dégradation d'une grande partie du platier dans le cas d'une extraction avec chemins de drague, si ces derniers sont laissés en place après chantier (confinement, eutrophisation, envasement).</li> <li>• Aspect paysager : impact visuel des souilles géométriques sur les platiers (vue d'avion, ou d'une colline) des lambeaux de chemin de drague, des tas de matériaux coralliens, parfois engins rouillés laissés sur place.</li> </ul> <p>Paysage sous marin dégradé : zone morte, fond chaotique, blocailles, eaux turbides... absence de vie.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Risque de développement de foyers ciguatiériques (augmentation des surfaces de corail mort).</li> <li>• Impact économique : destruction de zones de pêches ou de nurseries de poissons.</li> <li>• <b>But parfois non atteint</b> : mauvaise circulation des eaux, eaux turbides, zone envasée, zone piège à macrodéchets, risque d'eutrophisation. Risque de comblement rapide en fonction des conditions hydrodynamiques.</li> </ul> <p>Risque de déstabilisation des plages par effet de "suction" vers l'excavation.</p>

#### d) Ouvrages de défense des côtes

Ils comprennent les ouvrages en enrochements ou en béton (épis, brise-lames, digues, murs littoraux) et les ouvrages souples (protection des dunes par fixation du sable : ganivelles, revégétalisation, reprofilage, rechargement en sable, sacs en géotextile remplis de sable).

<b>Impacts</b>	<b>Remarques spécifiques au milieu récifal</b>
<p><b>Phase chantier</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Destruction des fonds et du littoral au droit des ouvrages.</li><li>• Apport terrigènes en milieu marin (épandage du tout-venant du cœur de digue à la mise en place).</li><li>• Augmentation de la turbidité des eaux.</li><li>• Bruits et poussières, vibrations (trafic des engins des travaux publics).</li></ul> <p><b>Après la mise en service des ouvrages</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Modification hydrodynamique et sédimentologique, induisant des modifications biologiques.</li><li>• Modification ou déplacement des biocénoses.</li><li>• Risque localisé d'accumulation de macrodéchets, formation de pièges à sédiments, zones stagnantes pouvant favoriser l'eutrophisation.</li><li>• Érosion localisée aux musoirs et aux limites d'une batterie d'épis.</li><li>• Effet de coupure d'un mur ou d'une protection en enrochement le long du littoral au niveau des échanges de sable entre dune, plage et lagon.</li><li>• Effet de coupure d'une série d'épis sur un linéaire sableux (aspect paysager et coupure pour la circulation littorale - à pieds, en bateaux).</li><li>• Impact positif d'ouvrages en enrochements : création de récifs artificiels.</li></ul>	<p>Prévoir dans le dimensionnement des ouvrages les contraintes cycloniques. Ces contraintes de faisabilité peuvent engendrer une contrainte paysagère importante par surdimensionnement des ouvrages.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Les ouvrages en enrochements ou en béton sont souvent peu adaptés au milieu récifal : platier recouvert d'une faible hauteur d'eau, relativement peu exposé mais pouvant subir périodiquement les effets de fortes dépressions ou de cyclones.</li></ul> <p>Impact négatifs :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• des murs verticaux qui favorisent l'érosion des plages,</li><li>• de certains types d'enrochements ne s'intégrant pas toujours aux paysages tropicaux.</li></ul>

**Remarque** : les techniques souples de protection ne sont pas analysés car leurs impacts sont généralement positifs; cette remarque ne dispense pas toutefois d'une étude d'impact pour ce type de projet.



Impacts	Remarques spécifiques au milieu récifal
<p><b>Phase chantier</b> (cf. Impacts des travaux de dragage et remblaiement)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Destruction des fonds au droit du projet.</li> <li>• Augmentation de la turbidité durant les travaux. Transit des panaches turbides et hypersédimentation sur les zones voisines.</li> <li>• Bruits, poussières, vibrations.</li> </ul> <p><b>Après la mise en service des ouvrages</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pollution liée au fonctionnement : <ul style="list-style-type: none"> <li>- déversement d'hydrocarbures, huiles usées, détergents (lavages des bateaux),</li> <li>- eaux usées (unités au mouillage),</li> <li>- eaux pluviales (parkings),</li> <li>- macrodéchets,</li> <li>- peintures anti-fouling,</li> <li>- incidence des ouvrages de protection : digues, murs de quais.</li> </ul> </li> <li>• modification des conditions hydrodynamiques, sédimentologiques et biologiques du site.</li> <li>• Digue en enrochement : impact positif (création d'un récif artificiel).</li> <li>• Incidence au niveau du port : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Envasement ou ensablement des bassins et des passes : nécessité de réaliser des dragages périodiques pouvant induire momentanément des pollutions par remise en suspension de sédiments fins (turbidité et concentration en polluants) puis relargage sur les zones voisines sensibles...</li> <li>Effet positif : le port fait piège à sédiments et peut éviter l'hypersédimentation sur les zones voisines.</li> <li>- Impact paysager : insertion des ouvrages dans le paysage et traitement des aménagements de détails à prévoir.</li> <li>- Impact socio-économique : conflits d'activités entre activités portuaires, pêche et tourisme, par exemple.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Destruction des fonds coralliens, de zones de marais maritimes ou mangroves, de plages.</li> <li>• Effets induits sur les zones voisines sensibles par turbidité, hypersédimentation, bruit et vibrations (déplacement de la faune).</li> <li>• Risque important d'eutrophisation en milieu tropical : eaux chaudes, confinées, excès de nutriments.</li> </ul> <p>Polluants : pollution des eaux, des sédiments, des organismes vivants des zones coralliennes, marais maritimes, mangroves proches du port : incidence sur la qualité des ressources vivantes marines (pêche, conchyliculture, aquaculture et sur l'hygiène publique, qualité des eaux de baignade).</p> <p>Macrodéchets : sacs plastiques, risque d'asphyxie majeur de certaines espèces (tortues).</p> <p>Déversement accidentel d'hydrocarbures : risque majeur pour les platiers coralliens recouverts d'une faible hauteur d'eau et les plages touristiques.</p> <p>Incidence sur la dynamique littorale (érosion engraissement) entraînant une déstabilisation du littoral et des modifications des biotopes à proximité des ouvrages.</p> <p>Cas particuliers :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pieux métalliques : peuvent favoriser le développement de foyers ciguatériques par l'émission d'ions métalliques dans le milieu marin.</li> <li>• Insertion paysagère parfois délicate dans certaine zone tropicales non urbanisées, où le projet portuaire s'intègre dans un paysage minéral ou végétal naturel pratiquement vierge.</li> </ul>



## f) Aménagement des plages

Plusieurs types d'aménagements sont envisageables, dont les impacts sur le milieu naturel seront sensiblement différents :

Impacts	Remarques spécifiques au milieu récifal
<p><b>Phase chantier et après mise en service des ouvrages</b></p> <p><b>Reprofilage et réensablement</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Destruction des biotopes existants en milieu terrestre et marin au droit du projet.</li> <li>• Destruction le plus souvent de zones sablo-vaseuses littorales, sensibles (aires de nurserie de nombreuses espèces de poissons).</li> <li>• Augmentation de la turbidité pendant les travaux : panaches turbides et hypersédimentation éventuelle sur les zones voisines.</li> <li>• Déplacement de la faune vers les sites voisins.</li> <li>• Création de nouveaux biotopes.</li> <li>• Modification paysagère importante (impact positif ou négatif en fonction des sites).</li> </ul> <p><b>Aménagement de plages avec mise en place d'ouvrage de protection</b> (cf. tableau ouvrages de protection)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Impact paysager important pour les brise-lames (effet de coupure de l'horizon) et les épis (coupure du linéaire sableux).</li> </ul> <p><b>Réalisation de murs verticaux en haut de plage</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Impact négatif majeur : <ul style="list-style-type: none"> <li>- coupure dans les échanges de sable, dune, lagon,</li> <li>- accélération de l'érosion en haut de plage.</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Plage alvéolaire</b> (mêmes remarques que pour les ouvrages de protection)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Risque d'accumulation de macrodéchets, pièges à sédiments, eutrophisation dans les alvéoles pouvant conduire à une mauvaise qualité des eaux de baignade.</li> </ul> <p><b>Plage suspendue</b> : présente dans de nombreux cas un intérêt majeur, pérennité de la plage, évite des rechargements périodiques en sable.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Impact paysager positif ou négatif en fonction du site et de la façon dont est traitée la liaison littoral-plage-lagon</li> </ul> <p><b>Protection par techniques souples</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pas de contraintes majeures.</li> </ul>	<p>En zone récifale à faible recouvrement d'eau (platier de récif frangeant), il peut s'avérer nécessaire de recreuser le platier pour obtenir devant la plage une aire de baignade utilisable.</p> <p>De tels travaux induisent des contraintes majeures sur le site en l'absence d'une bonne conception du chantier :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• destruction mécanique des fonds récifaux,</li> <li>• turbidité, hypersédimentation durant les travaux,</li> <li>• fond inesthétique,</li> <li>• piège à sédiment,</li> <li>• risque d'envasement, ensablement rapide,</li> <li>• risque d'eutrophisation,</li> <li>• risque de développement de foyers ciguatiériques.</li> </ul> <p>Souvent peu adapté au paysage des platiers récifaux.</p> <p>Fortement déconseillée en milieu tropical, sensible à l'eutrophisation.</p> <p>Solution intéressante en zone récifale, évite la destruction des fonds coralliens proches du littoral.</p> <p>Évite le rechargement épisodique et parfois le prélèvement de sable dans une zone récifale sensible.</p>

**f) Exploitation d'un gisement de sable blanc corallien  
(matériau utilisé pour l'aménagement des plages et des aires de baignades)**

Les principales contraintes environnementales concernent :

- la destruction des biotopes sableux et éventuellement les algueraies, les gisements de pinna ou autres mollusques, les pâtés coralliens,
- la modification du paysage sous-marin après extraction : aspect chaotique des fonds (impact visuel important en plongée mais aussi des hauteurs du littoral. Il est important de préserver notamment le caractère harmonieux des zones d'interface entre platier et lagon),
- la formation de zones pièges pour sédiments fins ou macrodéchets (cas d'exploitation en souille ou en "cratère"),
- les risques de mise à nu des formations coralliennes indurées sous-jacentes au gisement de sable et pouvant induire :
  - des phénomènes d'érosion,
  - une déstabilisation dans les zones de pente,
  - le développement de foyers ciguatériques (dans les régions sensibles à ce type de phénomène),
  - une dégradation du paysage sous-marin.
- La formation de panache turbides liés à la remise en suspension des matériaux les plus fins.

En fonction des techniques utilisées, ces panaches turbides peuvent apparaître au droit de la zone du suçage, lors du refoulement dans un chaland, durant le transport des matériaux sur le lagon, puis au moment de leur déchargement et de leur mise en place sur le site à aménager.

**g) Bungalows et pontons sur pilotis**

Impacts	Remarques spécifiques au milieu récifal
<p><b>Phase chantier</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Destruction mécanique des fonds au droit des pilotis.               <ul style="list-style-type: none"> <li>- L'importance des destructions est fonction du nombre de pilotis et du type d'ancrage et des précautions prises lors de la réalisation du chantier.</li> <li>- Remise en suspension des sédiments très fins lors de la mise en place des pieux.</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Après la mise en service des ouvrages</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Effet d'ombre des planchers (variable en fonction de la hauteur sous plancher, du nombre de pilotis, et du positionnement des ouvrages par rapport au littoral ou à un motu : construction entièrement sur l'eau, ou en profil mixte avec appui sur le littoral ou sur un remblai).</li> <li>• Incidence des pilotis et des techniques d'ancrages :               <ul style="list-style-type: none"> <li>- apport d'un nouveau substrat dur,</li> <li>- modification éventuelle des conditions hydrodynamiques et sédimentologiques,</li> <li>- aspect esthétique.</li> </ul> </li> <li>• Intégration paysagère de l'ensemble des aménagements (variable en fonction du site, de la hauteur d'eau sur le platier, de la densité des pilotis et des bungalows et de leur disposition).</li> <li>• Sur fréquentation du site.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Destruction faible pour les fonds détritiques.</li> <li>• Destruction importante pour les platiers construits à forte densité de coraux vivants.</li> <li>• Incidence relativement faible, et fonction de la nature des fonds et des conditions hydrodynamiques.</li> <li>• Incidence non négligeable sur les fonds coralliens vivants très denses liés principalement à la difficulté de recolonisation après les destructions mécaniques occasionnées au chantier.</li> <li>• Impact toutefois globalement positif notamment pour les bungalows entièrement sur l'eau..., augmentation de la richesse spécifique faunistique, sauf pour la communauté algale.</li> <li>• Abondance de la faune ichtyologique (poissons).</li> <li>• Peu d'incidences sur les fonds détritiques.</li> <li>• Impact positif : les pilotis constituent un nouveau substrat dur permettant une colonisation relativement rapide.</li> <li>• Bonne recolonisation sur les semelles présentant notamment des formes arrondies.</li> <li>• Effet relativement faible (effet de brise clapots) : variable en fonction des conditions de site.</li> <li>• Les bungalows favorisent le snorkeling et une sur fréquentation des fonds augmentant le piétinement et la collecte.</li> </ul>

## h) Îlots (ou motus) artificiels

<b>Impacts</b>	<b>Remarques spécifiques au milieu récifal</b>
<p><b>Phase chantier</b> (cf. terrassements - remblaiement)</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Destruction 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).</li><li>• Risque de pollution des zones voisines par la dispersion des sédiments fins lors de la mise en place des cœurs de remblai.</li></ul> <p><b>Après la mise en service des ouvrages</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• 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)</li><li>• Aspect esthétique : impact paysager (fonction de l'architecture des ouvrages et du contexte paysager local.)</li><li>• Effet de coupure éventuel pour le passage des embarcations (pirogues, etc.).</li><li>• Incidence éventuelle sur la pollution des eaux : en cas de rejet des eaux usées et pluviales directement dans le milieu marin.</li><li>• Favorise la sur fréquentation du milieu marin.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Impact variable en fonction de la nature des fonds :<ul style="list-style-type: none"><li>- faible à moyen sur les fonds détritiques,</li><li>- fort à très fort sur les platiers coralliens construits et vivants.</li></ul></li><li>• Risques d'érosion ou d'hypermédimentation localisés autour des ouvrages ou dans les zones voisines sur le platier et le long du littoral.</li><li>• Modification éventuelle des biotopes.</li><li>• Peut favoriser les accumulations localisées de macrodéchets.</li><li>• Apport de nutriments et risque éventuel d'eutrophisation en zone calme.</li><li>• Risque de pollution bactérienne des eaux de baignade.</li><li>• Extension sur le platier externe induisant une augmentation de la collecte et du piétinement.</li></ul>



### i) Impacts liés au fonctionnement du complexe touristique

Un projet hôtelier concerne une population importante sur un site relativement réduit. Inévitablement, des problèmes liés à la fréquentation et au bâti surgissent. Ils sont exprimés dans les tableaux qui suivent :

#### GESTION DES EAUX USÉES PAR ÉMISSAIRE

##### Cas d'un rejet des eaux usées en milieu lagunaire

Impacts	Remarques spécifiques au milieu récifal
<p><b>Phase chantier</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Destruction des fonds dans la zone d'ensouillage de la conduite (zone proche du littoral) et ponctuellement au droit des ancrages (déroctage, pose de plots bétons, etc.)</li><li>• Augmentation de la turbidité durant les travaux.</li></ul> <p><b>Après la mise en service des ouvrages</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Eaux usées urbaines (sans traitement) : apports de matières en suspension, nutriments, germes pathogènes et polluants* liés à la contamination par des effluents industriels, entraînant :<ul style="list-style-type: none"><li>- l'asphyxie localisée du milieu par hyper-sédimentation autour du point de rejet,</li><li>- la prolifération éventuelle d'algues (eutrophisation) en zone confinée,</li><li>- des risques pour la santé publique : retour des effluents vers les zones de baignade, les zones de conchyliculture, aquaculture, thalassothérapie,</li><li>- la dégradation de certains écosystèmes par les contaminants non biodégradables et toxiques.</li></ul></li></ul> <p><small>* Métaux lourds, pesticides, détergents, hydrocarbures.</small></p>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Contraintes de faisabilité en zones subissant des cyclones : nécessité d'ensouillage et d'ancrage conséquents.</li><li>• Difficulté d'ancrage le long des pentes externes de récifs coralliens.</li><li>• En cas d'enroctage : destruction des fonds coralliens, risques de développement de foyers ciguatériques.</li><li>• Si utilisation d'explosifs : destruction importante de la faune corallienne associée (larves diverses, poissons).</li><li>• Risque majeur en milieu lagunaire à faible renouvellement des eaux en période chaude : eutrophisation - forte concentration de germes pathogènes.</li><li>• Turbidité des eaux : incidence biologique et paysagère.</li><li>• Point de rejet : apport de nutriments, focalisant les détritivores et par voie de conséquence les carnivores : notamment les requins.</li><li>• Incidence économique : en cas de pollution bactérienne au droit de complexes hôteliers (plage interdite à la baignade - chute immédiate du taux de fréquentation des hôtels).</li><li>• Dégradation des fonds coralliens et des faunes associées. Incidence physiologique très grave de certains produits toxiques.</li><li>• Modification localisée des communautés benthiques.</li></ul>



<p><b>Impacts</b></p>	<p><b>Remarques spécifiques au milieu récifal</b></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Épandage</li> </ul> <p>Risque de pollution de la nappe phréatique et des eaux marines</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Réutilisation des eaux usées traitées pour l'arrosage.</li> </ul> <p>Si l'abattement bactérien est trop faible, risque de pollution du lagon.</p> <p>Si la zone arrosée est proche du lagon : risque de pollution par les nutriments au niveau des résurgences de la nappe dans le lagon.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Résurgence très probable dans le lagon. Pollution éventuelle (fonction de la distance de la zone d'épandage au lagon, du type de sol et du type de traitement).</li> <li>• Risque principal : apport de nutriments favorisant l'eutrophisation en zone calme et la prolifération algale.</li> <li>• Risque pour la santé publique : faible (après filtration dans la dune).</li> <li>• Possibilité d'eutrophisation en zone calme, peu profonde.</li> </ul>

<b>Impacts</b>	<b>Remarques spécifiques au milieu récifal</b>
<p><b>Cas d'une décharge</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Aspect esthétique.</li><li>• Odeur.</li><li>• fumées.</li><li>• Hygiène publique.</li><li>• Dispersion des éléments les plus légers par le vent (sacs plastiques, etc.) dans les terres, sur la frange littorale et en mer.</li><li>• Pollution par les produits toxiques (batterie, peinture, hydrocarbures, produits chimiques divers).</li><li>• Pollution bactérienne.</li><li>• Concentration en nutriments favorisant l'eutrophisation.</li><li>• Infiltration des polluants dans les nappes puis résurgence de ces derniers en zone littorale et en milieu récifal.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Accumulation dans les marais maritimes, mangroves et sur les platiers récifaux (accrochage sur les pâtés coralliens).</li><li>• Risque d'asphyxie par ingestion pour certaines espèces (tortues notamment).</li><li>• Forte eutrophisation dans les marées et zones récifales (prolifération d'Ulves et d'Entéromorphes).</li></ul>

Impacts	Remarques spécifiques au milieu récifal
<p><b>Complexes hôteliers</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Intégration paysagère de l'ensemble des aménagements.</li> <li>• Pression touristique sur le récif.</li> </ul> <p><b>Mouillages</b></p> <p><i>Mouillages forains :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Effets mécaniques des ancres sur les fonds, pollution par : <ul style="list-style-type: none"> <li>- les rejets d'eaux usées des unités au mouillage, et les détergents (lavage des unités),</li> <li>- le déversement en mer des macrodéchets,</li> <li>- le déversement accidentel d'hydrocarbures.</li> </ul> </li> </ul> <p><i>Mouillages organisés :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Même type de pollution mais en fonction du système de corps morts dégradation des fonds, par le déplacement de corps morts en béton par forte houle et le frottement des chaînes mères.</li> </ul> <p><b>Activités nautiques</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Risque de pollution par les hydrocarbures.</li> <li>• Érosion liée au batillage (passage d'embarcations rapides).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Piétinement des platiers coralliens.</li> <li>• Retournement de blocs coralliens.</li> <li>• Collecte des coraux, coquillages, échinodermes.</li> <li>• Pêche sous-marine.</li> <li>• Plongée (coraux brisés par les mouvements des palmes ; fuite d'espèces en profondeur ou dans des zones plus lointaines).</li> <li>• Bruit des embarcations à moteur.</li> <li>• Apports de macrodéchets sur les platiers et dans les lagons.</li> <li>• Destruction des pâtés coralliens.</li> <li>• Dégradation mécanique des algueraies et des buissons coralliens.</li> <li>• Risque non négligeable en zone confinée (pollution du milieu récifal).</li> </ul>



## La prévision et la quantification des impacts

Ce sont des opérations délicates qui reposent sur deux approches différentes et complémentaires : l'analogie et la simulation.

—> *par analogie*

On s'appuie sur les connaissances scientifiques acquises au niveau des différents stress, et sur les observations et mesures effectuées antérieurement sur des aménagements similaires.

Les tableaux précédents constituent un premier outil de réflexion pour chaque type d'aménagement.

—> *par simulation*

Cette approche s'applique notamment aux phénomènes hydrauliques, hydrodynamiques et sédimentologiques :

- Incidence d'un effluent d'eaux usées (simulation de sa dispersion et de sa dilution, estimation des risques de retour des effluents vers les zones de baignade ou la plage).
- Simulation des agitations dans les marinas, zones de mouillages, etc.

Cette démarche nécessite l'utilisation de modèles mathématiques, et dans le cas de très grands projets complexes, la réalisation de modèles réduits ou physiques.

Ces outils donnent dans l'ensemble une approche satisfaisante des problèmes. Ils permettent d'autre part d'étudier plusieurs variantes et de les comparer.

Toutefois, dans la plupart des cas et dans le cadre de projets hôteliers, la quantification peut se limiter à l'estimation des surfaces qui seront détruites au droit d'un ouvrage et dégradées au niveau des zones voisines en superposant le plan de masse du projet, et les plans des opérations de chantier à la carte de sensibilité du milieu littoral et récifal ou avec d'autres cartes thématiques en fonction des problèmes posés.

Ce travail simple s'applique principalement pour les ouvrages suivants :

- remblais ;
- excavations ;
- ouvrages portuaires ou de défense des côtes ;
- pontons ;
- bungalows sur pilotis ;
- îlots artificiels.

Dans certains cas on peut tenter d'estimer l'importance biologique et / ou économique de la destruction.

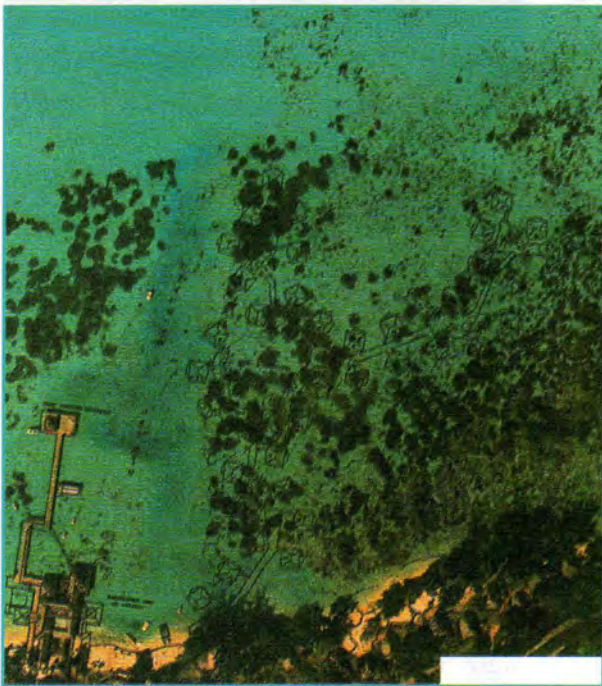
Pour les zones périphériques de l'ouvrage, on procède par analogie et simulation, et l'estimation reste qualitative à semi-quantitative. A titre d'exemple : simulation de l'extension probable en fonction des conditions hydrodynamiques, des panaches turbides provoqués par la réalisation d'un remblai ou le dragage d'une excavation. On estimera la surface de platier récifal qui sera susceptible d'être dégradée par le panache.

*Exemple simple d'analyse des impacts majeurs d'un projet de bungalows sur pilotis sur un platier corallien à forte densité de coraux vivants*

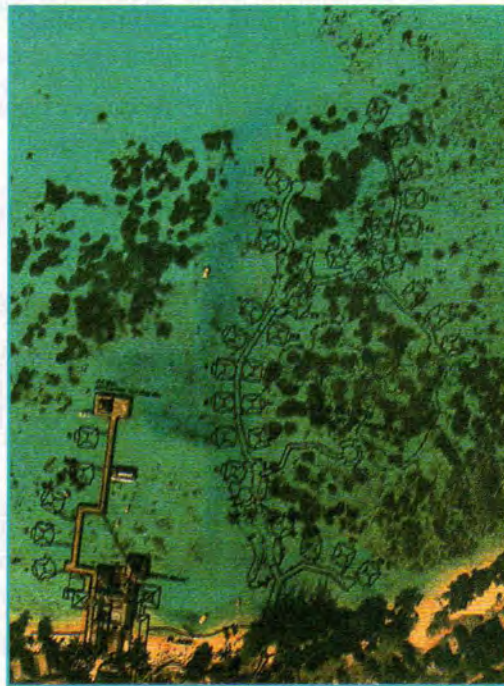
Les premières reconnaissance en plongée ont confirmé l'interprétation des photographies aériennes : les taches sombres correspondent à des buissons de coraux branchus vivants.

La superposition du plan masse sur la photo-

graphie (photo 1) montre immédiatement l'importance de l'impact du projet (bungalows sur pilotis) sur les buissons coralliens ainsi que les contraintes d'usages du site (baignade impossible sur les buissons coralliens). ces premières observations ont permis, en cours d'étude, avec le Maître d'Œuvre de modifier le plan masse afin d'éviter une emprise du projet sur les pâtés coralliens (cf. photo 2).



*1 - Projet initial*



*2 - Projet modifié en cours d'étude d'impact*

Enfin, dans le cas d'un aménagement touristique comprenant différents types d'ouvrages, il sera important d'analyser les effets de synergies pouvant être induits par ces différents ouvrages. Une bonne vision d'ensemble du projet et de son futur fonction-

nement, ainsi qu'une simulation des différentes étapes du chantier seront nécessaires pour appréhender l'ensemble des contraintes environnementales qui seront à prendre en compte dans la conception du projet et la préparation du chantier.

### 2.3.3. Les mesures pour supprimer, réduire si possible ou compenser les conséquences dommageables du projet sur l'environnement

Ces mesures comprennent, en fonction de l'importance des impacts du projet sur l'environnement :

- l'éventuelle remise en question de tout ou partie du projet,
- la proposition de variantes du projet initial,
- la suggestion de modifications ponctuelles de certains aménagements,
- les recommandations techniques pour la phase chantier,
- les recommandations techniques pour la restauration des zones dégradées,
- les recommandations pour la maintenance des ouvrages et l'entretien du site,
- les propositions de suivi du milieu récifal, afin de procéder éventuellement à des modifications ultérieures au niveau de la conception des ouvrages ou de leur fonctionnement.

Pour chaque type d'aménagement, il est présenté ci-dessous des recommandations et des moyens techniques visant à réduire les impacts sur le milieu littoral et récifal, pour les différentes étapes suivantes :

- conception des ouvrages,
- phase chantier,
- maintenance des ouvrages et entretien du site,
- suivi de l'évolution du milieu naturel.

#### a) Travaux de terrassements sur versants (réalisation de bâtiments de l'hôtel, voies d'accès, parkings, etc.)

##### Conception des projets et phase chantier

Les recommandations et les techniques à

mettre en place concernent essentiellement le milieu terrestre sur lequel les travaux seront effectués. Ces recommandations doivent être données par un spécialiste de la protection des sols tropicaux contre l'érosion. Elles concernent la conception d'ensemble des travaux, le phasage des opérations, la période du chantier (éviter la période des fortes pluies tropicales).

En fonction des sites, l'attention sera portée sur :

- La pente à donner au talus (de préférence pente forte),
- les techniques de protection des sols (revégétalisation, ...),
- la constitution des plates-formes,
- la maîtrise des eaux pluviales (système de drainage),
- la mise en place de bassins tampons à l'aval du chantier,
- le stockage des matériaux de déblai.

Au niveau du littoral et en cas de difficultés pour résoudre les problèmes à l'amont, il peut être envisagé notamment à l'embouchure des rivières, ruisseaux, talwegs, la création de bassins de sédimentation et la mise en place d'un écran en géotextile durant la phase chantier.

##### Maintenance et suivi

Les points suivants seront importants à prendre en compte :

- Vérifier le bon état des fossés drainants, bassins tampons et curage régulier,
- Entretien et suivre la revégétalisation des talus,
- Procéder éventuellement au curage à l'aide d'une suceuse, des sédiments vaseux sur le platier récifal, en cas d'apports terrigènes excessifs durant le chantier.



### Conception des projets et phase chantier

La mise en place d'un remblai en zone littorale et récifale, implique la destruction mécanique du milieu naturel au droit de l'ouvrage. On évitera en conséquence l'implantation des remblais sur les zones très sensibles à protéger (platiers coralliens vivants, ...).



Les moyens pour réduire les effets négatifs du projet sur le milieu naturel portent alors principalement sur les points suivants :

#### —> Géométrie

Donner au remblai un contour (vue en plan) le moins anguleux possible afin d'éviter la formation de "coins confinés" : pièges à macrodéchets, et à sédiments fins. Des lignes courbes ont d'autre part un intérêt paysager, et peuvent simuler les formes naturelles du littoral.

#### —> Protection de l'ouvrage

En zone exposée à la houle, éviter de donner au talus de protection du remblai, une forte pente favorisant l'érosion en pied de l'ouvrage et la dégradation des fonds. On évitera pour les mêmes raisons la mise en place de carapaces de protection imperméables.

#### —> Phase des opérations de chantier et protection contre le départ des sédiments fins

Réaliser si possible la digue d'enclôture avant la mise en place du tout-venant pour éviter l'étalement des sédiments fins (effet de plage) sur le platier et la

dispersion de panaches turbides sur les zones voisines sensibles.

En cas de difficultés dans le phasage des opérations, les techniques suivantes peuvent être adoptées :

- Pour un remblai constitué de matériaux d'origine terrestre :
  - mise en place d'une digue provisoire constituée soit de tout-venant compacté, soit d'un géotube (boudins en géotextile remplis de sable),
  - protection de l'ensemble du chantier par un écran en géotextile ceinturant les travaux. L'écran doit être ancré à une distance suffisante du remblai pour éviter sa destruction par les mouvements de terre et d'engins.
- Période de chantier : la saison des pluies est à éviter.
- Conception des plates-formes : le drainage des plates-formes doit être étudié avec soin afin d'éviter la dégradation du remblai, et le déversement d'eaux pluviales plus ou moins polluées en milieu récifal.
- Traitement des effets de coupure induits par le remblai :
  - recalibrage ou détournement éventuel des ruisseaux et des collecteurs d'eaux pluviales,
  - aménagement de la zone de liaison entre remblai et milieu terrestre. Dans certains cas, on garde une dépression plus ou moins marécageuse. Ce secteur particulier à la périphérie du remblai est à traiter avec soin pour éviter la stagnation des eaux et la création de zones insalubres. Ce secteur peut être mis à profit pour créer des bassins tampons utilisables pour la décantation des apports terrigènes issus des versants.
- Incidences des engins : mesures à prendre pour limiter le bruit et l'émission de poussières et contrôle des rejets des engins : huiles, hydrocarbures, bidons...



## → Exemples de mesures compensatoires

- Traitement paysager des talus du remblai.
- Reconstitution du littoral de part et d'autre du remblai (revégétalisation, aménagement et fixation de dunes, reprofilage des plages, ...).
- Restauration de zones récifales situées au large du remblai et dégradées durant le chantier : curage des vases, réensablement.
- Restauration physique et biologique de zones dégradées voisines ou éloignées du site pour compenser la destruction mécanique au droit du remblai.
- Compensations financières ou matérielles pour les riverains et usagers de la mer (pêcheurs).

## Maintenance

Entretien des ouvrages (talus, plate-forme). Curage périodique si nécessaire des dépressions marécageuses, élimination des macro-déchets, entretien des fossés drainants.

*c) Travaux de dragage : creusement ou élargissement de chenal passe, creusement pour marina, abri portuaire, aire de baignade.*

## Conception des projets et phase chantier

- La localisation de la zone à draguer devra impérativement tenir compte des contraintes environnementales du site :



- sensibilité du milieu récifal (vitalité corallienne) au droit du projet et au niveau des zones voisines,

- conditions hydrodynamiques et sédimentologiques de l'ensemble du secteur afin d'éviter tous risques importants de modifications des conditions de site pouvant induire notamment :

- un arrêt du transit sédimentaire sur le platier récifal et des risques d'érosion du littoral,
- la formation de zones pièges de sédiments fins et macrodéchets, etc.

- De même la géométrie de la zone draguée devra être adaptée aux conditions de site afin de favoriser la circulation des eaux et de permettre une restauration physique et paysagère du site (forme en plan de la zone draguée simulant des chenaux ou des fosses naturelles en milieu récifal).

- Le choix de la technique d'extraction devra tenir compte des contraintes de site (hauteur d'eau, sensibilité du milieu récifal, proximité du littoral, place disponible sur le littoral pour évacuer les sédiments dragués, etc.)

Il sera nécessaire d'effectuer :

- une analyse comparative des différents types de matériels à utiliser (pelle mécanique, drague suceuse, dragueline),
- et du type d'exploitation à mettre en place :
  - exploitation en eau à partir d'une barge ou d'un chemin de drague,
  - exploitation à sec par abatement.

Durant la phase chantier on devra éviter tout risque de départ de sédiments fins et de panaches vers les zones récifales voisines. Plusieurs techniques pouvant être mises en œuvre :

- enclôture du site à l'aide de digues provisoires ou de chemins de drague,
- protection du site en entourant la zone des travaux par des écrans en géotextile.

Dans le cas d'une extraction à l'aide d'une drague suceuse ou d'une exploitation à sec en souille fermée, par abatement, les refoulements du suçage ou des eaux turbides du rabattement devront impérativement être effectués dans des bassins de décantation successifs, protégés en aval au niveau du platier récifal par un écran en géotextile. En fin de chantier, les boues sédimentées dans les bassins seront mises en dépôt dans un site pour lequel une étude d'impact préalable aura été réalisée.

### **Recommandations pour la restauration du site en fin de chantier**

Restauration physique de la zone dégradée (zone draguée et éventuellement zones périphériques).

#### **→ Restauration minimale**

- Au niveau du platier
  - retrait des chemins de drague et digues provisoires (ces derniers favorisent le confinement et dégradent le paysage),
  - retrait des tas de mégablocs, blocs et blocailles, et des éventuels engins de travaux publics, bidons, ferrailles, macrodéchets laissés sur le site (ces éléments sont à la fois inesthétiques et dangereux au droit de futures zones de baignade).
- Au niveau de la zone d'extraction : curage des sédiments coralliens très fins sablo-vaseux déposés en fond de fouille, avant le retrait des écrans en géotextile.

#### **→ Restauration complémentaire**

- Reprofilage éventuel des fonds, retrait des blocs et des blocailles, comblement des dépressions, écrêtage des seuils dans le cas de chenaux afin d'améliorer la circulation hydrodynamique et éviter la formation de zones pièges. Ce type de travaux doit être suivi d'un curage de finition des sédiments fins à l'aide d'une suceuse.

- Réensablement des fonds dans le cas notamment d'un site touristique.

#### **→ Restauration biologique**

Type de mesures compensatoires envisageables dans certains cas particuliers : site touristique, zone d'intérêt biologique ou économique : transplantations de coraux (jardin sous-marin). Ce type d'opération nécessite l'intervention de spécialistes du milieu récifal.

#### **Entretien - maintenance - suivi**

- Nettoyage périodique des fonds en milieu confiné dans le cas d'une aire de baignade, en fonction d'événements météorologiques particuliers (cyclones, fortes tempêtes, fortes pluies).
- Suivi scientifique dans le cas d'opérations de transplantations de coraux.



#### d) Ouvrages de défense des côtes

Indépendamment des recommandations techniques (études spécifiques) visant à assurer une efficacité optimale des ouvrages, les recommandations pour limiter leurs effets négatifs sur la frange littorale et le milieu récifal portent sur :

##### La conception des ouvrages



- Le choix des types d'ouvrages et éventuellement leur positionnement en fonction des contraintes de sites (récifs coralliens vivants, zone de pêche, etc.).
- Les conséquences de l'effet de coupure des ouvrages.
- Les effets sur le fonctionnement sédimentologique.
- Les effets sur le linéaire côtier (communications, aspect paysager).
- Les effets induits sur les zones voisines (risques d'envasement, ensablement, érosion, formation de zones confinées - accumulation de macrodéchets, eutrophisation).
- L'aspect esthétique (géométrie des ouvrages, nature et couleur des matériaux).

En milieu récifal (platier ou lagon présentant une faible hauteur d'eau, et correspondant à des zones semi-exposées car protégées par la partie externe du platier), l'utilisation d'ouvrages statiques lourds en béton ou en enrochement est dans de nombreux cas peu adaptée : ouvrages imposants, disproportionnés, intégration paysagère difficile. Les recommandations portent en conséquence sur :

- La réalisation d'ouvrages statiques légers (digues, brise-lames, épis immergés) avec des matériaux locaux.

- Pour les protections longitudinales on évitera les murs verticaux imperméables. Compte tenu de leurs effets négatifs sur les plages. On s'orientera de préférence vers un reprofilage du littoral comprenant un rechargement en sable et une végétalisation du haut de plage et de l'arrière plage. En cas de nécessité, les protections en dure seront composées de talus en enrochement présentant une pente faible.

- Une gestion plus stricte du littoral portant sur la protection des dunes contre le piétinement et la circulation motorisée, l'entretien des jardins, les systèmes de drainage des eaux pluviales, la maîtrise des ruisseaux côtiers.

Dans certains cas, des ouvrages mixtes (ouvrages statiques de faible importance couplés avec des ouvrages dynamiques) peuvent être proposés.

- **Les opérations de chantier** : mêmes recommandations que pour la mise en place d'un remblai.

- protection contre le bruit, la poussière,
- organisation des transports de matériaux,
- prévision contre les risques d'épandage brutal du tout-venant par tempête ou cyclone (prévoir par exemple un musoir provisoire).
- par précaution contre "l'effet de plage" (étalement des matériaux en pied d'ouvrage induit par le clapot, la marée et la houle) et la dispersion des panaches turbides lors de la mise en place du cœur d'ouvrage (pose d'écrans en géotextile, choix de la granulométrie des matériaux),
- précaution contre le risque de dispersion du tout-venant à travers la carapace en enrochement (définition de la coupe-type d'ouvrage, granulométrie croissante vers l'extérieur et/ou mise en place d'un géotextile-filter cloth).

- **la maintenance et le suivi**

- entretien des ouvrages
- visite régulière, et notamment après les tempêtes ou cyclones (observation de surface et en plongée),
- suivi de l'évolution du littoral : sédimentologie, biologie,
- nettoyage régulier des zones confinées (accumulation de macrodéchets).



### e) Marina, abri portuaire

Ces types d'ouvrages comprennent en général des travaux de remblaiement, de dragage et la mise en place d'ouvrages de défense des côtes dont les recommandations ont été énumérées précédemment. Des recommandations spécifiques concernent les points suivants :

#### Conception du projet et phase chantier



Lorsque l'avis en matière d'environnement est demandé très en amont (choix possible du site et des partis d'aménagement), il est possible de suggérer :

- L'extension ou le réaménagement d'un port existant,
- L'aménagement d'équipements légers, ou la création d'un port à sec (cas particulier d'un projet de marina),
- Des variantes au niveau du choix du site,
- Des variantes au niveau de la conception et du type d'ouvrage (géométrie des digues, pontons, etc.) pour favoriser par exemple la circulation hydrodynamique, le transit sédimentaire, limiter l'érosion et les risques d'eutrophisation.

Dans le cas où le projet est déjà déterminé, les mesures visant à prévenir, réduire ou atténuer l'impact d'un projet portent sur :

- Le choix des techniques de chantier, le phasage des travaux, la période de travaux, la mise en place de systèmes de protection contre le départ des sédiments fins (écrans en géotextile),
- Le respect des normes en vigueur (bruit des engins de chantier, récupération ou élimination des huiles usagées de vidange),

- L'itinéraire d'évacuation de produits de dragage, choix de la technique de transport, site de stockage,
- Le fonctionnement après mise en service du port.

Recommandations concernant les rejets de substances polluantes :

- Construction d'installations sanitaires,
- Vidange des réservoirs pour les aires de stationnement,
- Récupération des déversements d'huile,
- Restriction frappant l'usage de certains produits (détergents pour bateaux),
- Collecte des déchets solides, nettoyage des déchets flottants,
- Collecte des effluents provenant des cales sèches où sont réparés les navires
- Équipement et formation de techniciens pour lutter contre le déversement accidentel d'hydrocarbures,
- Aménagement paysager du site : choix de roches de qualité et de couleur appropriées pour les jetées,
- Végétalisation du site - adaptation de l'architecture au paysage local,
- Suivi de la qualité du milieu dans les bassins du port et les zones sensibles proches,
- Définition du programme de dragage périodique du port et de la passe d'entrée (choix des techniques, des périodes, choix des zones de rejets en fonction des contraintes environnementales).

#### Mesures compensatoires

En fonction des impacts du projet sur le milieu littoral ou récifal, il peut être demandé de :

- Reconstituer ou de restaurer un milieu naturel à proximité du port, dans les zones dégradées par le chantier ou dans une zone plus lointaine nécessitant une restauration (nettoyage des fonds, restructuration des fonds, mise en place de sable, blocs, récifs artificiels, transplantations de coraux), reconstitution de plages,
- Compensation auprès de professionnels de la pêche par exemple (fourniture de places dans le port ou d'embarcations permettant le déplacement sur des zones de pêche plus lointaines, ...),
- Contribution financière aux études ou travaux expérimentaux portant sur l'environnement.



## f) Aménagement de plages

On se référera pour partie aux recommandations proposées pour les ouvrages de défense des côtes. Les recommandations complémentaires suivantes sont à envisager :

### Conception de la plage

En milieu littoral et récifal intertropical on rencontre fréquemment les trois situations suivantes :



- plage sableuse et plage sous-marine avec aire de baignade appropriée (fond sableux et hauteur d'eau suffisante) mais érosion épisodique du haut de plage notamment à l'occasion de fortes tempêtes ou épisodes cycloniques, ce type de site nécessite une protection statique ou dynamique.
- plage sableuse le long d'un platier recouvert d'une faible hauteur et possédant des fonds hétérogènes (sable et blocailles, pâtés coralliens) : ce type de site nécessite pour être utilisable au niveau touristique et balnéaire, un réaménagement du haut de plage et des fonds (reprofilage, nettoyage, écrêtage de blocs, réensablement) et une protection éventuelle contre l'érosion,
- littoral dépourvu de plage, attenant à un platier corallien recouvert d'une faible hauteur d'eau ou à un chenal d'accès difficile pour la baignade (courant, profondeur trop grande, etc.). Ce cas particulier peut conduire à la création de **plages suspendues**.

Dans les cas évoqués précédemment, on est le plus souvent amené à prévoir un réensablement des plages, cette solution implique l'achat de matériaux, ou l'exploitation d'un gisement en milieu marin à proximité du site. Ce dernier cas induit de nouvelles

dégradations du milieu marin à prendre en compte. Il est nécessaire enfin d'envisager l'éventualité d'un rechargement épisodique de la plage.

Dans le cas d'un aménagement par protection statique (épis, brise-lames) on se référera aux recommandations énumérées dans le thème "ouvrage de défense des côtes".

Dans le cas d'aménagement faisant appel au rechargement en sable, les recommandations portent sur :

- La qualité des matériaux à mettre en place (granulométrie, nature du matériau, couleur),
- La pente à donner à la plage,
- Les systèmes éventuels de protection en pied du rechargement,
- Le drainage du haut de plage et du fond de forme (cas de plages en gradins ou suspendues) : mise en place d'un anti-contaminant (géotextile) entre le remblai sous-jacent et la couche de sable de la plage,
- Géométrie et caractéristiques des murets de protection (pente, perméabilité, rechargement en matériaux grossiers en pied d'ouvrage dans le cas d'une pente faible sableuse suivie d'une plage sous-marine),
- Drainage des murets de protection (plage suspendue).

Dans le cas d'un reprofilage, on doit éviter les effets de coupure évoqués précédemment entre dune-plage et lagon ou platier, ainsi que les terrassements inconsidérés dans des formations littorales indurées à protéger (beach-rock, notamment) ces formations ayant indépendamment de leur intérêt géologique ou paysager, une fonction de protection du littoral contre l'érosion.

### Phase chantier

- Technique de réensablement (épannage à partir de la terre, à partir d'une barge, par refoulement : cas de l'exploitation par suçage d'un gisement sous-marin),
- Protection contre la dispersion des sédiments fins durant le reprofilage et l'épannage par mise en place d'écrans en géotextile.