

Aménagements hôteliers

LA PRISE EN COMPTE DE L'ENVIRONNEMENT DANS LES PROJETS
D'AMÉNAGEMENTS HÔTELIERS EN ZONE LITTORALE ET RÉCIFALE



S O M M A I R E

Préface	5
I — GÉNÉRALITÉS SUR LES ÉCOSYSTÈMES CORALLIENS	7
II — LES DIFFÉRENTES ÉTAPES DE LA PRISE EN COMPTE DE L'ENVIRONNEMENT DANS UN PROJET HÔTELIER	14
Remarques préliminaires.....	14
2.1 — La vérification de la comptabilité du projet avec les schémas d'aménagement et de protection des zones littorales et récifales concernées	15
2.2 — La réalisation d'une expertise préliminaire du site dès la première ébauche du projet.....	15
2.3 — L'étude d'impact	16
2.3.1. — L'analyse de l'état initial	16
2.3.2. — L'analyse des effets du projet sur l'environnement	22
2.3.3. — Les mesures pour supprimer, réduire si possible ou compenser les conséquences dommageables du projet sur l'environnement	36
2.4 — La préparation du chantier et la phase chantier	
2.5 — Après mise en service des complexes hôteliers : les opérations de maintenance et de suivi du milieu	
ANNEXES	
Adresses utiles	
La législation.....	
Bibliographie	

PRÉFACE

Les récifs coralliens sont parmi les milieux biologiques les plus productifs de la planète.

Ils occupent environ 15 % des littoraux peu profonds du monde et constituent une richesse économique prépondérante pour la plupart des pays où ils sont présents.

Ce patrimoine mondial subit pourtant de nombreuses agressions dont l'incidence peut s'avérer parfois à très court terme dramatique sur l'économie des zones concernées.

Les petites îles et atolls sont nombreux en zone intertropicale, les dégradations peuvent alors très vite intéresser l'ensemble des récifs ceinturant une île et par voie de conséquence remettre en cause l'équilibre économique de celle-ci (disparition des ressources vivantes et des potentialités touristiques, érosion du littoral...)

Protéger et gérer les milieux récifaux constitue donc une nécessité absolue.

On peut cependant concilier développement local et protection du littoral et des zones récifales.

Les décideurs et aménageurs ont aujourd'hui à leur disposition les outils nécessaires

à la prise en compte de l'environnement dans les projets d'aménagements du littoral.

Ils peuvent prévoir les conséquences de leurs projets sur le milieu naturel, et prendre les mesures de protection compatibles avec leur faisabilité et leur viabilité.

Ce document s'adresse aux décideurs et aux aménageurs et présente après un rappel des caractéristiques du milieu récifal, de son intérêt et de la sensibilité, les principaux outils pour protéger l'environnement lors de la réalisation d'aménagements hôteliers en zone récifale.

Les outils présentés se veulent pragmatiques et concernent les différentes étapes d'un projet :

- de sa conception (expertise environnementale, étude d'impact),
- à sa réalisation (moyens techniques à mettre en œuvre durant la phase chantier), moyens de restauration en fin de chantier et suivi des sites après mise en service des ouvrages.

La réflexion porte plus particulièrement sur l'analyse des moyens disponibles et la justification de leur usage en s'appuyant sur des études de cas.

LES SPÉCIFICITÉS DES AMÉNAGEMENTS HÔTELIERS EN ZONE LITTORALE ET RÉCIFALE

Les complexes hôteliers localisés en milieu littoral et récifal regroupent très souvent sur une surface relativement restreinte une grande diversité d'aménagements intéressants :

- le milieu terrestre : zones de versants, plaine littorale,
- l'interface milieu terrestre et lagunaire : plages, cordons dunaires, côtes rocheuses, embouchures de rivières et zones humides littorales,
- le milieu récifal.

Ces aménagements peuvent comporter :

- des travaux de terrassements sur versants (construction de bâtiments, voies d'accès, etc.)
- le recalibrage éventuel de ruisseaux, vallons, rivières,

- des terrassements et opérations de remblaiement en plaine littorale et sur la frange littorale,
- la mise en place de remblai en milieu récifal (îlot artificiel ou "motu"),
- la construction de bungalows ou pontons sur pilotis,
- des travaux de dragage (reprofilage des fonds pour création d'aires de baignade, de chenaux de navigation, de petites marinas),
- la mise en place d'ouvrages de défense des côtes (murs, épis, brise-lames),
- l'aménagement de plages artificielles,
- la création de zones de mouillages,
- la pose d'émissaires pour le rejet des eaux usées,
- la création d'exutoires pour le rejet des eaux pluviales

Ces différents aménagements nécessitent la réalisation de travaux dont les impacts sur le milieu littoral et récifal sont non négligeables à la fois durant la phase chantier, puis après la mise en service des ouvrages. S'ajoutent à ces effets, l'incidence sur le milieu naturel des activités touristiques (la sur fréquentation des platiers et lagons entraîne le piétinement des fonds coralliens, la collectes des espèces, le déplacement de certaines espèces en fonction des activités pratiquées, la pollution des eaux et des fonds - macrodéchets, hydrocarbures, etc.).

Les complexes hôteliers constituent, au regard des énumérations précédentes, une synthèse à petite échelle d'une grande partie des problèmes d'aménagements rencontrés en milieu littoral. Toutefois, l'importance de certains travaux reste modeste par rapport aux grands projets d'infrastructures.

Néanmoins, cette diversité d'aménagements nécessite de mener, en matière d'environnement, une réflexion globale sur l'ensemble du projet afin d'analyser d'une

part les effets sur le milieu de chaque type d'ouvrages, et d'autre part les interactions possibles entre les effets de ces différents aménagements.

Cette réflexion doit être conduite très en amont d'un projet et aura pour but de proposer des solutions, pour protéger l'environnement, compatibles avec le fonctionnement de l'ensemble du complexe hôtelier.

Il est important de rappeler que contrairement à un aménagement à caractère industriel dans le cas d'un projet hôtelier, la qualité de l'environnement et le bon fonctionnement du projet sont en général intimement liés. Cette situation permet alors de proposer des aménagements de finition particulièrement soignés au niveau de :

- l'intégration paysagère des bâtiments, la restauration de la frange littorale,
- la qualité des paysages sous-marins (fonds, clarté des eaux),
- la qualité des eaux de baignade.



I — GÉNÉRALITES SUR LES ÉCOSYSTÈMES CORALLIENS

Une bonne maîtrise des problèmes repose d'abord sur une bonne connaissance du milieu, de son fonctionnement et de ses potentialités.

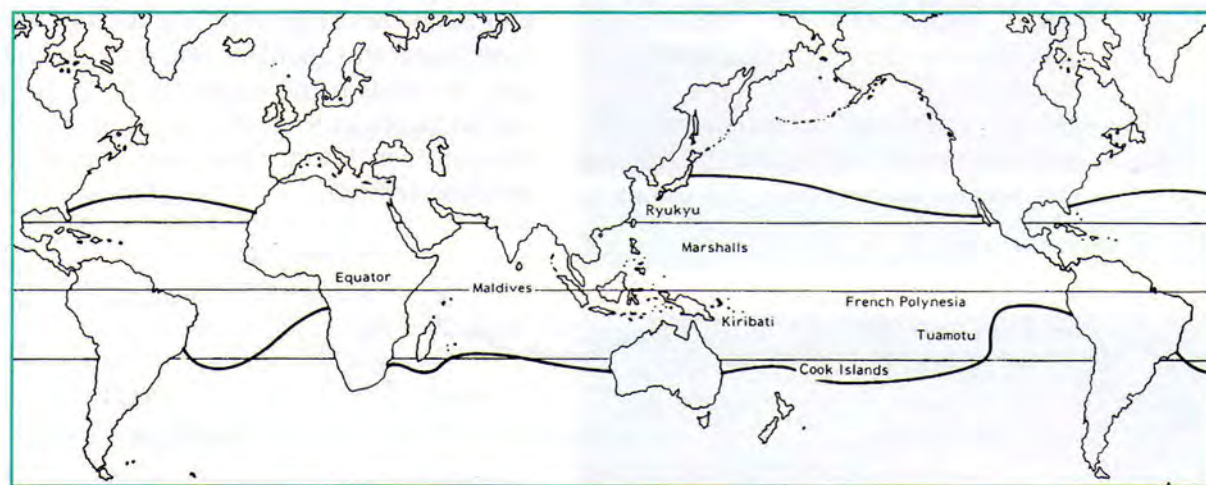
La place des milieux coralliens parmi les écosystème marins côtiers en région tropicale

Les principaux écosystèmes marins tropicaux en zone côtière peu profonde sont les fonds sédimentaires sans végétation, très étendus et uniquement habités par une faune enfouie dans le sable (endofaune), les substrats rocheux (principalement volcaniques), les estuaires, les lagunes côtières, les récifs d'algues, **les récifs coralliens, les mangroves et les herbiers de phanérogames.**

Les trois derniers écosystèmes occupent environ un tiers des littoraux peu profonds du monde :

- Récifs coralliens : 15 %
- Mangroves : 9 %
- Herbiers : 9 %

Ces écosystèmes et en particulier le récif corallien qui a fait l'objet du plus grand nombre de recherches, sont tous les trois **parmi les milieux biologiques les plus productifs de la planète** et occupent une importance majeure en région tropicale. Les mouvements hydrodynamiques et les réseaux trophiques font que ces différents milieux sont en perpétuelle interaction et leur gestion ne peut être envisagée de façon indépendante.



Carte de la répartition géographique des récifs coralliens

Principales caractéristiques des récifs coralliens

- *Le récif corallien* est une construction calcaire sous-marine édiflée par des organismes vivants : les coraux jouent un rôle majeur en construisant la charpente du récif et les algues calcaires la consolident. D'autres organismes participent également à la construction mais de façon mineure.
- *Les colonies coralliennes ou coraux* sont formés de millions d'animaux microscopiques reliés entre eux, semblables à de petites anémones de mer, les polypes ; ces derniers construisent autour d'eux un squelette calcaire pouvant prendre des formes diverses.

Les coraux construisant des récifs ont la particularité de vivre en symbiose avec des algues unicellulaires, les zooxanthelles, qui se développent dans le tissu des polypes. Ces algues ont un rôle essentiel en stimulant la fabrication du squelette qui permet alors la croissance des coraux et la construction des récifs.

Ce point est fondamental car les algues ont besoin de lumière pour vivre, la présence d'eaux troubles (liée à la pollution, aux apports terrigènes) aura donc des conséquences immédiates sur la croissance ou la survie d'un massif corallien.



Branche de madrépore composée d'une multitude de polypes entourés de leur squelette calcaire

Les coraux ont des exigences strictes pour vivre et construire

- la température (elle est optimale entre 25° et 29°) limite l'aire de répartition des coraux,
- la lumière, compte tenu de l'association des coraux avec des algues limite à environ 50 m la présence en profondeur des coraux,
- l'hydrodynamisme conditionne la forme des colonies (forme massive dans les zones agitées, forme plus fragile - branchue par exemple - dans les zones plus calmes),
- la sédimentation gêne l'installation des coraux, la turbidité freinant la pénétration de la lumière. Une hypersédimentation peut asphyxier les coraux.
- la salinité est de même un facteur limitant (valeur optimale entre 34 et 36 ‰) : les coraux sont sensibles aux sursalures ou aux dilutions élevées (forts apports d'eau douce),
- enfin, la présence de substances organiques dissoutes dans l'eau de mer est une des sources de nourriture des coraux et

joue un rôle dans la richesse corallienne du récif, un excès de nutriments dans l'eau pourra par contre favoriser le développement d'algues au détriment du corail.

Le récif corallien est un milieu très complexe où vivent des milliers d'espèces végétales et animales grâce aux coraux qui leur fournissent de la nourriture et une grande diversité de biotopes. Ces espèces sont unies par des relations très sophistiquées qui forment le **récif un milieu fragile** : des variations trop importantes de l'un ou l'autre des paramètres énumérés précédemment, qu'elles soient d'origine naturelle ou humaine, peuvent avoir un impact grave sur les coraux avec des répercussions sur l'ensemble de l'écosystème récifal.

Les massifs coralliens présentent des formes variées liées à leur histoire géologique : les plus fréquentes et les plus connues sont les récifs frangeants (bordant une terre émergée), les récifs barrière (séparés de la côte par un lagon) et les atolls (récifs coralliens de haute mer, de forme annulaire entourant un lagon central).

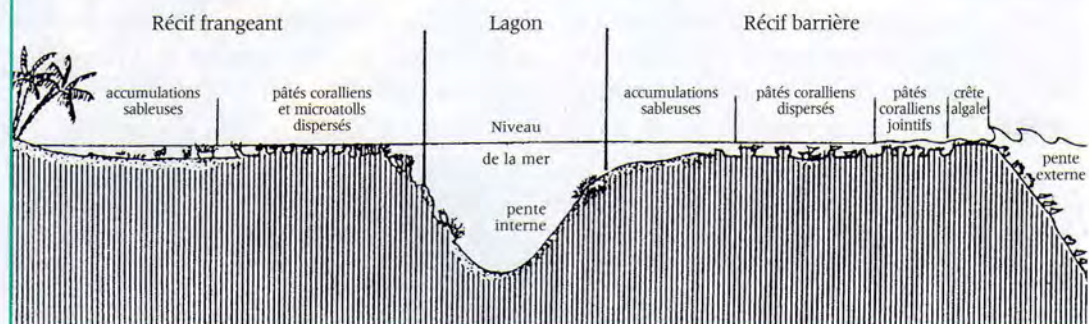


LES DIFFÉRENTES ZONES MORPHOLOGIQUES D'UN RÉCIF

Dans un récif, les parties horizontales, sous faible hauteur d'eau, sont appelées "plattiers", les tombants se nomment "pentes" : "pente interne" dirigée vers la plage et "pente externe" dirigée vers le large. Depuis la plage vers le large, un récif est formé de plusieurs zones disposées en bandes parallèles au rivage ; détermi-

nant la morphologie du récif, l'importance relative des constructions coralliennes et des zones sédimentaires est variable d'une zone à l'autre, tandis que les conditions de milieu - nature du substrat, hydrodynamisme, sédimentation, lumière - y sont très différentes. La distribution des organismes vivants dans

une zone ou une autre au sein du récif va donc dépendre des exigences écologiques de l'espèce. Les récifs, dans le monde, ont des morphologies très diverses ; nous présentons ici la morphologie type d'un récif barrière d'une île haute de Polynésie française.



Les récifs les plus menacés par les activités anthropiques sont les plus accessibles : récifs frangeants et d'atolls.

Intérêts écologiques et économiques

- Les écosystèmes coralliens sont particulièrement riches en espèces, ils sont très productifs et sont souvent considérés dans le milieu océaniques tropical, particulièrement pauvre, comme des oasis dans le désert.
- Ils possèdent des paysages parmi les plus beaux du monde sous-marin (architecture tourmentée, extraordinaire richesse des formes, diversité des couleurs, intensité de la vie : univers fascinant, l'un des plus attrayant du monde sous-marin, lieu de prédilection du tourisme sous-marin).
- Des espèces rares sont inféodés aux récifs coralliens.
- Ils sont à l'origine de la formation de nombreux atolls et constituent un système naturel pour la protection des côtes : "brise-lames" contre la violence de la mer et notamment des cyclones. La dégradation des récifs peut avoir une incidence majeure sur les phénomènes d'érosion du littoral.
- Ils occupent une place prépondérante dans la vie économique, sociale et culturelle dans la plupart des pays où ils sont présents. Sur 110 pays bordés de récifs coralliens, 105 sont des pays en voie de développement pour lesquels le récif joue un rôle vital en particulier dans l'économie de subsistance des populations côtières :
 - La pêche récifale reste la principale activité et la seule source de revenus de très nombreux insulaires. Outre le poisson, de nombreuses ressources récifales sont prélevées pour la nourriture : mollusques, crustacés, algues...
 - Le tourisme : le récif, par son intérêt esthétique et les nombreuses activités sous-marines qu'il autorise, joue un rôle extrêmement important dans l'industrie du tourisme qui, pour de très nombreux pays reste la principale source de devises.
- Les matériaux de construction : plusieurs îles, en particulier les îles coralliennes, n'ont souvent que des coraux comme matériaux de construction.
- Certaines ressources sont également largement utilisées dans l'artisanat local de nombreux pays (bijoux, objets d'orne-

ments, ...) en particulier les coraux et les mollusques et de plus en plus en médecine (coraux, gorgones, anémones...)

D'autres systèmes sensibles sont liés aux récifs coralliens : les mangroves et les herbiers. En Polynésie française les mangroves occupent des surfaces limitées et les herbiers de phanérogames marins sont très rares.

Rappel concernant *les mangroves* : ce sont des forêts essentiellement de zones tropicales, localisées en milieu marin littoral



Pêche récifale



Tourisme

(baies, estuaires) dans des petits fonds vaseux et sablo-vaseux de la zone de balancement des marées.

La végétation est adaptée à un substrat meuble et humide, un milieu salé et des submersions périodiques. Les mangroves, tout comme les récifs coralliens sont des systèmes biologiques très productifs. Elles abritent d'importantes populations d'organismes marins : poissons, crustacés.

Ce sont des zones de reproduction et de nurseries pour de très nombreuses espèces. Elles fixent les sédiments et protègent les sols contre les tempêtes et l'érosion.

Elles représentent une source directe et indirecte de subsistance pour les populations locales : bois de charpente, bois de chauffe, charbon de bois, poissons, crustacés, huîtres. Ces zones subissent d'importantes dégradations (déforestation pour la production du bois, remblaiement, hypersédimentation, etc.)

Des milieux très vulnérables

- Par leur nature :
 - *Fragilité du squelette* : les squelettes calcaires des coraux sont très fragiles et peuvent être facilement brisés, broyés et transportés, par les phénomènes naturels (très fortes houles cycloniques) et

Milieux complexes et sensibles, facilement accessibles et subissant une forte pression anthropique

Corail



anthropiques (piétinement, coups de palmes de plongeurs, engins de terrassements, dragues, ancrages...)

- *Sensibilité biologique* : les fortes variations des conditions du milieu (température, salinité, lumière, sédimentation) et les apports toxiques peuvent entraîner la mort des formations coralliennes.

- Par leur localisation (principalement pour les récifs frangeants) : ils sont attenants au littoral et recouverts le plus souvent d'une faible hauteur d'eau.

- Par leur intérêt : les fonds coralliens possèdent des paysages sous-marins particulièrement vivants et diversifiés et dont l'attrait est augmenté par les possibilités de collecte (coquillage, coraux) et de pêche. Ils constituent d'autre part une ressource importante en matériaux.

**Ciguatera* : intoxication consécutive à la consommation de poissons de récifs tropicaux ayant ingérés une algue unicellulaire toxique (*Gambierdiscus toxicus*) pouvant proliférer sur certains substrats coralliens morts.

Cette facilité d'accès et l'intérêt des fonds induisent une forte fréquentation des récifs par la population locale et les touristes.

Les faibles hauteurs d'eau recouvrant certains platiers et localement l'effet de protection apporté par les récifs barrières ont incité les aménageurs à réaliser des travaux non seulement sur la frange littorale mais aussi en milieu récifal :

- remblais : aéroport, zone industrielle, îlot artificiel pour complexe touristique ;
- excavations : port, marina, chenal, élargissement de passe, aire de baignade, extraction de matériaux.

Enfin, le caractère souvent semi-confiné de ces milieux lagunaires les plus proches du littoral favorise la stagnation et la concentration des déchets solides, des effluents d'eaux usées et des apports terrigènes, amplifiant les risques d'asphyxie des milieux récifaux et de pollution des zones touristiques et de pêche.

Dans certaines régions, s'ajoutent à ces diverses formes d'agression, le développement de foyers ciguatériques*, phénomène naturel mais souvent amplifié par certains travaux en milieu récifal, et dont les conséquences sur l'économie locale (pêche) et la santé publique sont non négligeables.

Ces différents facteurs peuvent conduire en quelques années à d'importantes dégradations, parfois irréversibles de grandes étendues récifales.

LA DÉGRADATION DU MILIEU RÉCIFAL DOIT DONC ÊTRE CONSIDÉRÉE COMME UN RISQUE MAJEUR.



Qualité et attrait des zones coralliennes sont aussi leurs points faibles

Destruction mécanique

La croissance des coraux est très lente (quelques millimètres à quelques centimètres par an), la régénération d'un récif dégradé nécessitera dans le meilleur des cas (quand la situation n'est pas irréversible) une période de plusieurs années à plusieurs dizaines d'années.



Buisson corallien ayant subi une destruction mécanique



Repousse corallienne

Dégradation et mortalité d'une colonie corallienne



Facteur limitant entraînant la mort du corail

Corail vivant (les coraux vivants possèdent des couleurs brunes à vertes liées aux polypes et aux algues symbiotiques).



Corail mort

Une formation corallienne en cours de dégradation passera dans un premier temps par une phase de blanchissement liée à l'expulsion des algues symbiotiques (zooxanthelles). Des phénomènes de fluorescence apparaissent parfois, ils sont liés à une forte irradiation des tissus coralliens qui ne sont plus protégés par les microalgues.

Le corail est ensuite rapidement colonisé par des formations algales limitant les possibilités de repousses coralliennes.

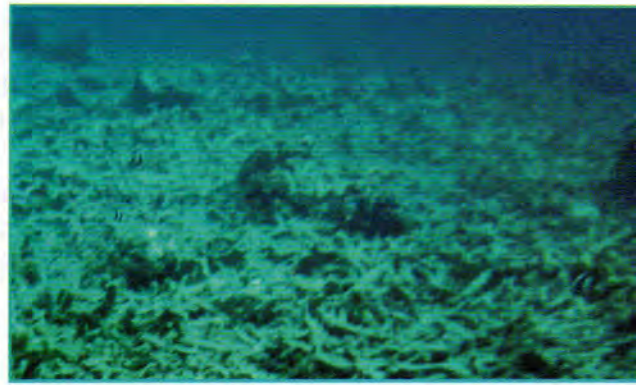


Les principales causes de dégradations et de pollutions des récifs coralliens : un enseignement majeur pour les futurs projets d'aménagement.

Elles sont relativement bien connues et ont fait l'objet de nombreuses publications. Elles peuvent être d'origine naturelle ou anthropique.

Les causes d'origine naturelle

Causes de dégradations	Types de dégradation
Effets de cyclones	<ul style="list-style-type: none"> Destruction mécanique au niveau des platiers coralliens et des pentes externes, pouvant entraîner localement de profondes modifications géomorphologiques.
Incidences de fortes marées basses prolongées (dépression barométrique)	<ul style="list-style-type: none"> Émersion prolongée de la partie supérieure des massifs coralliens, entraînant leur dégradation.
Période prolongée de temps très calme, en période de chaude	<ul style="list-style-type: none"> Augmentation de la température de l'eau, confinement - risque d'eutrophisation. Phénomène général de blanchissement des coraux sur platier et pente externe.
Apports terrigènes massifs dans les lagons, en période pluvieuse, phénomène fréquent en zone tropicale, lié au cumul des conditions suivantes : <ul style="list-style-type: none"> fortes pluies tropicales forte épaisseur de matériaux d'altération forte pente 	<ul style="list-style-type: none"> Forte turbidité des eaux et hypersédimentation fine pouvant entraîner l'asphyxie des herbiers et massifs coralliens. Dégradation des paysages sous-marins.
Infestation de certaines espèces : <ul style="list-style-type: none"> l'étoile de mer <i>Acanthaster</i> 	<ul style="list-style-type: none"> Destruction rapide de grandes étendues récifales.



Effet des cyclones. Destruction mécanique.



Apports terrigènes naturels en période de fortes pluies

Les causes d'origine anthropique*

Causes de dégradations	Types de dégradation
Suppression du couvert végétal pour l'urbanisation ou l'agriculture (terrassements entraînant une érosion des sols et un apport terrigène massif dans les lagons en période pluvieuse).	<ul style="list-style-type: none"> Forte turbidité des eaux (facteur limitant la croissance des coraux.) Asphyxie des coraux par hypersédimentation. Limitation de la fixation des larves et donc de la recolonisation corallienne. Dégradation des paysages sous-marins.
Remblaiement sur platier récifal (complexes industriels, urbanistiques, ports, aéroports, plages,...)	<ul style="list-style-type: none"> Destruction mécanique des écosystèmes au droit des remblais. Dégradation des zones voisines par apports terrigènes augmentation de la turbidité des eaux et asphyxie des coraux par hypersédimentation. Risque de formation de zones stagnantes (fonction de la géométrie des remblais) et d'eutrophisation. Effet de coupure (physique, biologique, socio-économique). Pollutions induites par les infrastructures mises en place sur les remblais. Dégradation du paysage littoral.
Dragage (extraction de matériaux, creusement de chenal, port, marina, élargissement de passe, aire de baignade, etc.)	<ul style="list-style-type: none"> Destruction mécanique au droit de l'excavation. Dégradation des zones voisines par le mouvement des engins, la mise en place de chemin de drague et les apports de panaches turbides entraînant des phénomènes d'hypersédimentation. Formation de zones pièges dans les excavations (ensablement, zone sans vie, recolonisation difficile, accumulation de macrodéchets...). Modification des conditions hydrodynamiques et sédimentologiques locales. Dégradation du paysage. Risque de développement de foyers ciguatériques.

Causes de dégradations	Types de dégradation
Rejets d'eaux usées et d'eaux pluviales (chargées en apports terrigènes, matières organiques, polluants divers, macrodéchets) : <ul style="list-style-type: none"> émissaire en mer, exutoire d'eau pluviale, embouchure de cours d'eau 	<ul style="list-style-type: none"> Pollution organique favorisant la prolifération algale au détriment des coraux. Pollution chimique (effets toxiques sur différentes espèces) Pollution bactérienne : incidence sur la santé publique. Baisse importante de la salinité (cas de l'exutoire de cours d'eau) facteur limitant pour la croissance des coraux. Apports terrigènes (turbidité et asphyxie des coraux).
Décharge d'ordures ménagères, apports de macrodéchets	<ul style="list-style-type: none"> Pollutions (variables en fonction des déchets). Eutrophisation en zone semi confinée par l'apport excessif de matières organiques. Dégradation du paysage. Asphyxie de certaines espèces par ingestion de sacs plastiques.
Activités touristiques (cumul des différentes dégradations énumérées précédemment dans le cas d'aménagement de complexes touristiques importants, auquel s'ajoutent les effets de la pression touristique sur le récif).	<ul style="list-style-type: none"> Destruction mécanique par piétinement, ancrage des bateaux, coups de palme des plongeurs. Collecte. Pollution par les bateaux.
Surexploitation des ressources marines (utilisables pour l'alimentation et l'artisanat).	<ul style="list-style-type: none"> Appauvrissement des stocks de poissons et coquillages.
Pollutions diverses liées aux rejets industriels, exploitation pétrolière, déversements accidentels en mer, ...	<ul style="list-style-type: none"> Dégradations variables, en fonction du type de pollution et des quantités rejetées.



Apports terrigènes (terrassements sur versants)



Apports de macro déchets



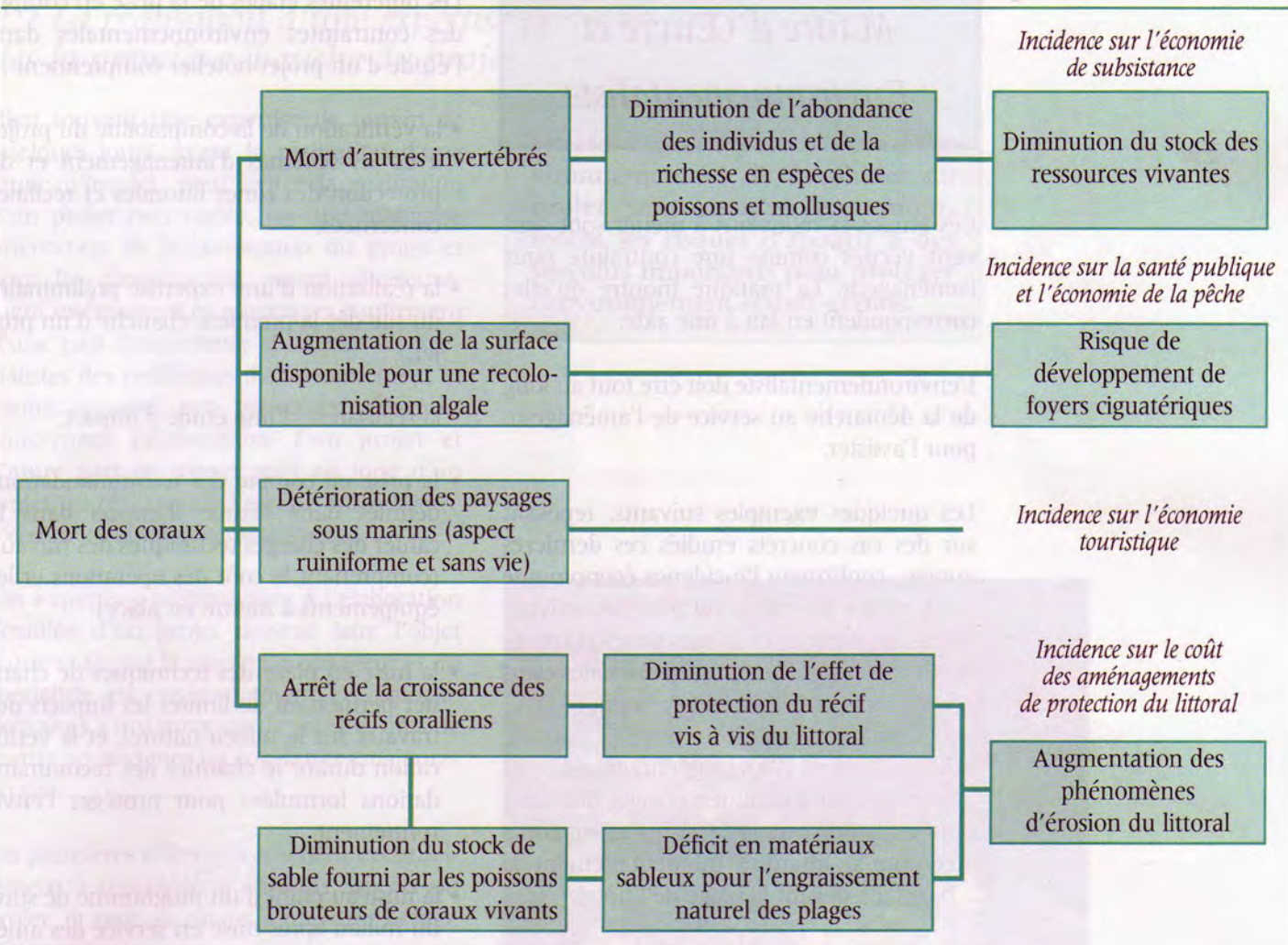
Dragage et remblaiement



Rejet d'eaux usées dans les lagons



Les principales incidences de la mortalité des coraux



II — LES DIFFÉRENTES ÉTAPES DE LA PRISE EN COMPTE DE L'ENVIRONNEMENT DANS UN PROJET HÔTELIER

Les outils sont disponibles pour optimiser la viabilité d'un projet de protection de l'environnement.

Contrairement à l'idée reçue, une réflexion globale prenant en compte les contraintes environnementales ne constitue pas systématiquement un surcoût pour un projet, mais au contraire bien souvent permet d'éviter des travaux complémentaires onéreux, nécessités par une analyse parfois insuffisante des contraintes de site.

*Un réel travail d'équipe
doit être mené entre
Maître d'Œuvre et
Environnementaliste*

Ces études et réflexions à mener sont souvent vécues comme une contrainte pour l'aménageur. La pratique montre qu'elles correspondent en fait à une aide.

L'environnementaliste doit être tout au long de la démarche au service de l'aménageur, pour l'assister.

Les quelques exemples suivants, reposant sur des cas concrets étudiés ces dernières années, confirment l'incidence économique sur le projet lui-même ou pour les activités des zones voisines de la non prise en compte des contraintes environnementales dans l'étude d'un projet d'aménagement :

- Aménagement d'un projet hôtelier devant une baie semi-confinée et rejet des eaux usées dans la même baie. Cette situation a conduit à interdire momentanément la baignade devant la plage de l'hôtel.
- Travaux de reprofilage du platier récifal

mal étudiés et ayant entraîné la formation de zones pièges à macrodéchets et la présence d'eaux turbides devant la plage d'un complexe hôtelier. Des travaux très importants de restauration du site ont été nécessaires.

- Conception d'un projet hôtelier devant un platier récifal, sans vérification des potentialités du site pour les activités balnéaires et aquatiques (faible hauteur d'eau ne permettant pas la baignade, zones coralliennes protégées, etc.). Ce type d'erreur conduit à la réalisation de travaux complémentaires particulièrement onéreux et à un retard important dans l'ouverture du complexe hôtelier.

Les différentes étapes de la prise en compte des contraintes environnementales dans l'étude d'un projet hôtelier comprennent :

- la vérification de la comptabilité du projet avec les schémas d'aménagement et de protection des zones littorales et récifales concernées,
- la réalisation d'une expertise préliminaire du site dès la première ébauche d'un projet,
- la réalisation d'une étude d'impact,
- la prise en compte des recommandations définies dans l'étude d'impact dans le cahier des charges techniques des travaux (comprenant le coût des opérations et les équipements à mettre en place),
- la mise en place des techniques de chantier permettant de limiter les impacts des travaux sur le milieu naturel, et la vérification durant le chantier des recommandations formulées pour protéger l'environnement,
- la mise au point d'un programme de suivi du milieu après mise en service des aménagements.

2.1 La vérification de la compatibilité du projet avec les schémas d'aménagement et de protection des zones littorales et récifales concernées

La première analyse à mener consiste à vérifier si le projet envisagé s'intègre sans contrainte majeure dans les règles de gestion du milieu littoral et récifal définies pour la zone considérée. Il sera donc nécessaire de prendre connaissance des différents schémas généraux d'aménagement réalisés sur le secteur et prenant en compte les contraintes environnementales : Charte de l'Environnement, P.G.E.M., S.A.G.E., Parcs et Réserves, etc.

Ces documents ont pour but notamment de faire un état des lieux d'une unité géographique afin de hiérarchiser les enjeux et de définir les règles de gestion du milieu permettant de concilier développement et protection des zones sensibles.

Ces études générales d'orientation font l'ob-

jet de cartographies à des échelles comprises entre le 1/100 000 et le 1/10 000.

Ces outils de base seront à prendre en compte pour la réalisation des études ponctuelles d'aménagement.

Toutefois, il existe encore peu de schémas généraux d'aménagement prenant en compte les contraintes environnementales de la frange littorale et récifale (plusieurs schémas sont actuellement en cours d'étude en Polynésie française). Cette situation implique dans une phase transitoire une vigilance d'autant plus grande au niveau des études ponctuelles, et impose une recherche d'informations auprès des différents services concernés du Territoire (Délégation à l'Environnement, Service de l'Équipement, etc.).

2.2 La réalisation d'une expertise préliminaire du site dès la première ébauche du projet

Bien souvent une expertise de terrain de quelques jours, avant la réalisation d'une étude d'impact, peut éviter la réalisation d'un projet non viable, ou une mauvaise orientation de la conception du projet et dont les conséquences seront ultérieurement onéreuses. Ces remarques confirment d'une part l'importance d'associer les spécialistes des problèmes d'environnement et d'aménagement aux premières réflexions concernant l'élaboration d'un projet et d'autre part de mener tout au long d'un projet un réel travail d'équipe entre Maître d'œuvre et environnementaliste.

Plus les expertises en matière d'environnement et de faisabilité du projet sont menées en amont, moins les risques d'aboutir à des surcoûts importants pour protéger l'environnement seront grands.

Ces expertises préliminaires à l'élaboration détaillée d'un projet doivent faire l'objet d'une visite sur le site de l'aménageur et du spécialiste en environnement. Le dialogue doit alors s'instaurer sur le terrain, afin de mettre en évidence les contraintes majeures du site.

Les premières réflexions amènent éventuellement à reconsidérer certains aspects du projet, et tout au moins à préparer l'étude d'impact.



La méthodologie est maintenant bien définie et comprend les grands chapitres suivants :

- analyse de l'état initial,
- analyse des effets du projet sur l'environnement,
- les justifications du projet,
- les mesures pour supprimer, réduire si possible ou compenser les conséquences dommageables du projet sur l'environnement.

2.3.1. L'analyse de l'état initial

L'analyse de l'état initial doit mettre en évidence les principales caractéristiques du site, ses richesses et sa sensibilité, et faire un diagnostic de son état de santé et de ses diverses contraintes naturelles et anthropiques.

Seule la bonne connaissance de l'état initial permet ultérieurement d'évaluer les impacts, de définir les mesures permettant de supprimer, réduire et si possible, compenser les conséquences dommageables des projets d'aménagement sur l'environnement.

L'analyse s'articule autour de trois phases chronologiques distinctes :

- une approche globale de la zone,
- une analyse détaillée du secteur intéressé par le projet,
- et si nécessaire, des études spécifiques complémentaires.

Approche globale du site

Afin d'obtenir une bonne compréhension générale du site, il sera nécessaire d'avoir dans un premier temps une approche globale de l'ensemble d'une zone ou d'une unité géographique (ensemble d'une baie, d'un bassin versant, etc.) afin de comprendre le fonctionnement et les interrelations entre les différentes unités du milieu naturel.

Il sera par exemple fondamental de prendre en considération dans le cadre d'un projet ponctuel d'aménagement de plage l'importance

des apports terrigènes provenant d'un bassin versant, et se déversant épisodiquement le long du littoral.

Analyse détaillée de la zone de projet

Une fois assimilé le fonctionnement d'ensemble du site ou d'une région, on sera amené à étudier de façon détaillée la zone directement concernée par le projet afin d'optimiser la conception des ouvrages en fonction des contraintes du site.

La zone à étudier comprend le secteur d'emprise du projet auquel s'ajoute de part et d'autre de celui-ci, la zone d'influence probable des travaux.

L'outil cartographique sera fondamental, car il permettra d'exprimer les contraintes environnementales sur un support identique à celui du projet. Différentes cartes thématiques seront à réaliser (cf. tableau ci-après) : elles serviront de base pour la réalisation d'une carte de synthèse des données de l'état initial : la carte de la sensibilité du milieu littoral et récifal.

Une bonne connaissance du site permettra par exemple :

- d'optimiser le positionnement d'infrastructures hôtelières ayant des ouvrages sur pilotis en fonction de champs de coraux vivants,
- d'éviter les risques de retour des eaux usées vers des zones de baignade, grâce à une bonne connaissance des contraintes hydrodynamiques du site,
- d'éviter la mise en place d'un remblai sur des zones sensibles de coraux,
- d'éviter les risques d'érosion dans une zone exposée à la houle et aux courants, en modifiant inconsidérément le profil du littoral.

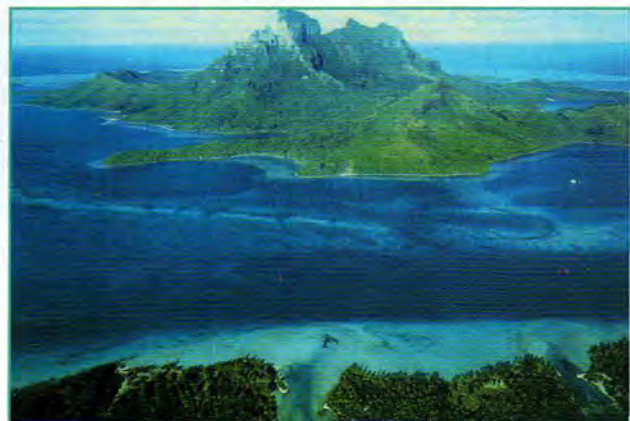


Tableau récapitulatif des cartes thématiques relatives à l'analyse de l'état initial du milieu littoral et récifal

CARTES DE LA NATURE DU LITTORAL ET DES FONDS

MOYENS À METTRE EN ŒUVRE

Cartes de base

- Carte géomorphologique générale de l'ensemble du secteur. Vision globale de la région. Échelle comprise entre 1/100 000 à 20 000.
- Carte géomorphologique, sédimentologique et biocénotique de la zone concernée par le projet. Échelle : 1/10 000 à 1/2 000. Loupe éventuelle au 1/1 000 à 1/500.
- Cartes biologiques :
 - vitalité corallienne
 - richesse spécifique corallienne
 - diversité des peuplements d'algues
- Carte de l'état de santé du milieu littoral et récifal. Échelle : 1/10 000 à 1/2 000.

- Bibliographie
- Photo-interprétation
- Reconnaissance rapide du terrain
- Bibliographie
- Photo-interprétation
- Étude in situ détaillée (analyse quantitative à semi-quantitative)
- Bibliographie
- Étude détaillée de terrain (analyse semi-quantitative à quantitative en fonction du problème posé)

Cartes des conditions hydrodynamiques

- Schéma général hydrodynamique de l'ensemble du secteur : les grands traits des mouvements des masses d'eaux au niveau du complexe récifal (échanges océan lagon). Échelle : 1/100 000 à 1/20 000.
- Schéma hydrodynamique de la zone concernée par le projet. Échelle : 1/10 000 à 1/2 000. Mouvement généraux ou étude détaillée en fonction des problèmes à résoudre :
 - courants de masse généraux et de marée
 - courants de dérive (dus au vent)
 - houles/plans de vagues (optionnels)

- Bibliographie
- Photo-interprétation
- Enquêtes
- Reconnaissance rapide
- Bibliographie
- Photo-interprétation
- Mesures in situ complémentaires (pose de marégraphes et de courantomètres, campagnes de courantologie à l'aide de flotteurs à drogue)
- Mesures manuelles à l'aide d'un courantomètre portable

Cartes des caractéristiques physico-chimiques des sédiments et des eaux

Cartes optionnelles nécessaires pour des études particulières, liées notamment aux rejets de flux polluants (eaux usées urbaines ou industrielles, eaux chaudes, etc.)

- Bibliographie
- Mesures in situ

Carte de la vocation du site et de l'occupation des sols ou des fonds

Mise en évidence des activités sur la frange littorale et en milieu récifal, des emprises des différents ouvrages, des zones d'activités. Échelle : 1/10 000 à 1/2 000

- Bibliographie
- Photo-interprétation
- Enquête
- Reconnaissance de terrain

Carte des vecteurs de pollution ou de dégradation et des zones polluées ou dégradées

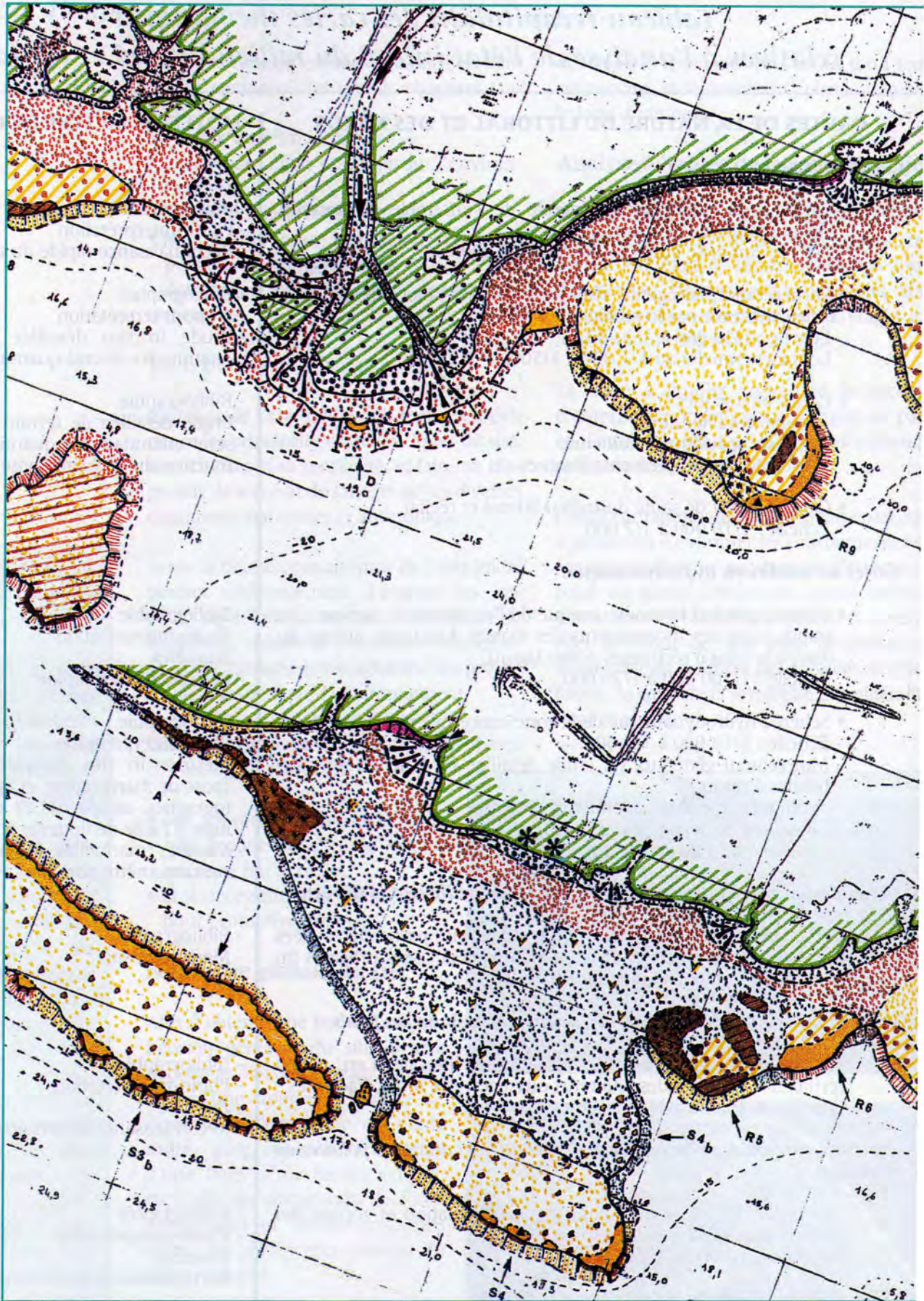
Inventaire des zones de pollution, de dégradation et zonage des milieux dégradés ou pollués. Échelle : 1/10 000 à 1/2 000

- Bibliographie
- Photo-interprétation
- Enquête
- Reconnaissance de terrain

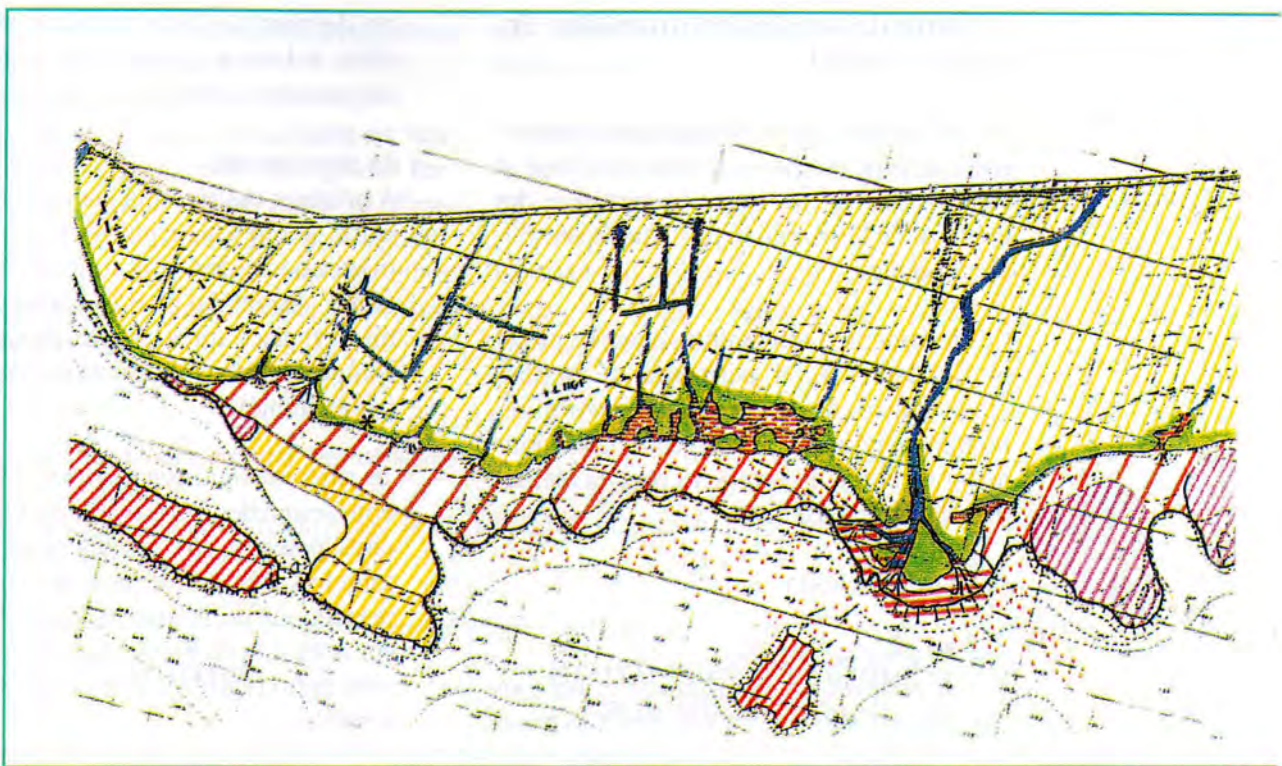
Carte de la sensibilité du milieu littoral et récifal

Définition des zones à protéger et recommandations générales pour l'aménagement. Échelle : 1/10 000 à 1/2 000

- Synthèse générale à partir des cartes précédentes



Exemple d'une carte de base à réaliser dans le cadre de l'état initial :
Carte géomorphologique et sédimentologique du littoral et du milieu récifal.



LÉGENDE

Milieu terrestre

- plaine littorale hydromorphe (nombreuses sources, ruisseaux, tranchées drainantes),
- zone basse littorale avec localement des accumulations sablo-vaseuses,
- plages de sable et galets noirs,
- végétation : pâturages, cocoteraies, végétations arbustives littorales, grands arbres en alignement (Bureau, Arbre de fer...)
- Indices archéologiques (outils en pierre taillées).



Plaine littorale



Ruisseaux, tranchées drainantes, rivières



Courbe de niveau



Zone sablo-vaseuse côtière

Indices archéologiques

Milieu récifal

- sensibilité du complexe récifal



Zone dégradées (accumulations sablo-vaseuses, apport d'eaux douces)



Zone à ménager pour les poissons



Zone moyennement intéressante



Zone sensible, à ménager (petits jardins sous-marins)



Zone sensible, à protéger

- contraintes pour l'aménagement littoral

- Importance des zones récifales envasées et des eaux turbides (apports terrigènes et eaux turbides liés aux principales rivières et aux nombreux ruisseaux côtiers)
- Faible hauteur d'eau sur le platier
- Prise en compte des zones sensibles à protéger

La carte de sensibilité du milieu littoral et récifal

Les différentes cartes thématiques énumérées précédemment serviront de base à l'élaboration d'une carte de synthèse des données de l'état initial : la carte de sensibilité du milieu.

Ce document d'orientation pour le projet est fondamental, il permettra de vérifier l'importance des contraintes environnementales et de prévoir les recommandations de protection qui s'imposent pour la réalisation de l'aménagement.

Cette carte définira :

—> *des zones très sensibles*

A protéger impérativement et où tous travaux doivent être interdits. Ces zones

ne devront pas être atteintes par les effets induits du projet (flux polluants ou panaches turbides par exemple).

—> *des zones sensibles*

A protéger et sur lesquelles certains travaux, limités peuvent être entrepris moyennant des précautions importantes durant la phase chantier et la mise en place après travaux de mesures compensatoires (restauration des fonds par exemple).

—> *des zones moyennement à peu sensibles*

Pour lesquelles des travaux plus importants peuvent être menés moyennant toutefois des précautions de chantier permettant de limiter les dégradations sur ces zones en évitant également tout effet indirect sur les zones voisines plus sensibles.

—> *Les zones très sensibles à protéger impérativement*

(zones à cartographier en rouge sur la carte de sensibilité du milieu littoral et récifal)

Indépendamment de toute analyse de site, une protection totale est à prévoir de façon systématique pour les zones suivantes :

- pentes externes, fronts récifaux et platiers externes,
- massifs enclavés ou pinacles à forte diversité spécifique,
- zones reconnues comme biotopes d'espèces protégées,
- sites d'intérêts géologiques, géomorphologiques, écologiques, paysagers, archéologiques,
- zones morphologiques favorisant l'oxygénation du milieu sensible (hoa fonctionnel, fausse passe),
- zones littorales en équilibre instable (érosion) sauf dans le but d'améliorer les conditions de site,
- zones d'intérêt économique majeur : site de pêche reconnu



2.3.2. L'analyse des effets du projet sur l'environnement

Les complexes hôteliers rassemblent sur une surface limitée par rapport aux "grands travaux", une somme d'opérations et d'ouvrages très variés, dont il est nécessaire d'analyser les interférences ou les effets synergétiques pouvant dégrader l'environnement lagonaire.

a) Travaux de terrassements sur versants

Ce type de travaux peut être envisagé pour la réalisation de bâtiments de l'hôtel, de voies d'accès, parkings, etc.

Les agressions vis-à-vis du milieu littoral et récifal peuvent être engendrées :

- par les travaux d'aménagement,
- et par le fonctionnement du complexe touristique.

Les tableaux suivants, listent par type d'ouvrage les impacts de ces derniers sur le milieu littoral et récifal.

Impacts	Remarques spécifiques au milieu récifal
<p>Phase chantier</p> <p>Apports terrigènes en milieu marin :</p> <ul style="list-style-type: none">• augmentation de la turbidité (impact visuel, asphyxie des communautés benthiques),• envasement des zones littorales et notamment des plages <p>Après mise en service des ouvrages</p> <ul style="list-style-type: none">• En cas de non traitement des versants, amplification des phénomènes de dégradation sur versants et en milieu récifal, avec risques à moyen terme, d'atteindre un seuil irréversible ne permettant plus le traitement des versants, ni la restauration des fonds.• En cas de prise en compte des problèmes de versants (revégétalisation, bassins tampons, etc.) remise en suspension des sédiments fins en période agitée, eaux turbides de façon épisodique et persistance momentanée ou prolongée de fonds vaseux (en fonction des conditions hydrodynamiques).	<ul style="list-style-type: none">• En cas d'apports terrigènes, importants et prolongés et de mauvaise circulation des eaux :<ul style="list-style-type: none">- asphyxie et envasement des platiers coralliens, des herbiers et des algues-raies,- incidence économique en zone touristique,- envasement des plages devant les complexes hôteliers,- eau turbide limitant les activités d'observation sous-marine,- impact paysager majeur en milieu lagonaire.

b) Travaux de remblaiement sur la frange littorale et le milieu récifal

Impacts	Remarques spécifiques au milieu récifal
<p>Phase chantier</p> <ul style="list-style-type: none">• Destruction des fonds au droit de l'ouvrage.• Destruction des fonds autour de l'ouvrage par étalement des matériaux mis en place (phénomène de plage).• Hypersédimentation dans les zones voisines et augmentation de la turbidité entraînant l'asphyxie des communautés benthiques.• Impact paysager durant le chantier et nuisances majeures en zones touristiques (bruit, trafic, poussières).• Perturbation de la faune par bruit et vibration des engins ; déplacement des espèces fragiles. <p>Après la mise en service des ouvrages</p> <ul style="list-style-type: none">• Modifications éventuelles, sédimentologiques et hydrodynamiques à proximité des ouvrages.• Modifications des conditions hydrogéologiques et hydrologiques en zone littorale (fleuves, ruisseaux, sources,...).• Incidence paysagère.• Effet de coupure :<ul style="list-style-type: none">- perpendiculairement au littoral : au niveau des échanges dune, plage, lagon,- parallèlement au littoral : circulation, activités (pêche, loisirs).	<ul style="list-style-type: none">• Destruction de platiers récifaux, algues-raies, marais maritimes, mangroves au droit des ouvrages et à proximité.• Incidence économique : destruction éventuelle de zones de nurseries de poissons. <ul style="list-style-type: none">• Risque de formation de zones stagnantes, pièges à macrodéchets, hypersédimentation le long du remblai (formes géométriques : contours anguleux).• Risque important d'eutrophisation en zone tropicale. <p>Impact très fort sur les récifs frangeants étroits.</p>