

**Direction de la Prospective et de la Stratégie Scientifique**

**Direction des Relations Internationales**

Coordination : André GERARD et Emmanuel THOUARD

**Rédacteurs**

G. Véron, J. Denis, E. Thouard, O. Thébaud, A. Gérard

Janvier 2008

---

# Les récifs artificiels

Etat des connaissances et recommandations



© Ifremer / D.Sauzade

## Préambule

Les problématiques « Récifs artificiels » et « Repeuplement » intéressent l'Ifremer depuis de nombreuses années sans qu'une position nette de l'Institut ne soit arrêtée, en particulier par manque d'éléments socio-économiques indispensables à une évaluation rigoureuse des ces dispositifs et de ces pratiques.

A l'occasion d'une mission au Japon en Janvier 2006, des experts Japonais de ces domaines ont exposé au Président de l'Ifremer quelques exemples de réalisations de ce type dans leur pays. Le Président a ainsi découvert l'ampleur de ce type d'aménagement au Japon et a souhaité qu'une étude approfondie soit diligentée sur place. A cette fin, la Direction des Relations Internationales a organisé et co-financé un séjour de trois mois au Japon pour un étudiant de l'Université de Montpellier III, Sylvain PIOCH. Cet étudiant a ainsi, dans le cadre de sa thèse sur les récifs artificiels co-dirigée par l'Université et un bureau d'étude, le BCEOM, pu recueillir une masse importante d'informations regroupées dans un rapport : « Les récifs artificiels et le repeuplement au Japon ». BCEOM – Université Montpellier 3 – Ifremer.

Au terme de cette mission un groupe de travail a été constitué, chargé d'analyser l'ensemble de ces données et informations et de les replacer dans le contexte français afin d'en tirer une position stratégique de l'Ifremer dans ce domaine.

La coordination du groupe de travail interne comprenant des responsables de l'aquaculture, de la pêche, de l'environnement littoral et de l'économie a été confiée à André Gérard.

Il était composé de :

- Gérard Véron, Loïc Antoine, Philippe Gouletquer, Jacques Denis, Cédric Bacher, José Zambonino, Chantal Cahu, Emmanuel Thouard, Hervé Thillaye du Boullay et Olivier Thébaud

Au cours de leur réflexion, les membres du groupe ont jugé opportun de dissocier les deux facettes principales de cette thématique, « Récifs » et « Repeuplement », en deux documents distincts mais complémentaires.

## SOMMAIRE

1 - Introduction – Pourquoi des récifs artificiels et pour quoi faire ?	1
2 - Définitions	2
3 - Quels objectifs, quelles stratégies, quels récifs ?	3
4 - Les récifs artificiels à l'étranger	4
5 - Les récifs artificiels en France	6
6 - Questions en suspens...Questions aujourd'hui sans réponse	9
7 - Récifs artificiels : un outil de gestion non exempt de paradoxes	10
8 - En attendant... quelques recommandations	11
9 – La réflexion sur les récifs est-elle à un tournant ? Les récifs plates-formes expérimentales ?	16
10 – Conclusion	18
11 – Stratégie Ifremer	19

# Les récifs artificiels

## Etat des connaissances et recommandations

### 1/ Introduction : pourquoi des récifs artificiels et pour quoi faire ?

Les récifs artificiels sont souvent présentés comme une réponse possible à la diminution de la ressource biologique dans la bande côtière. Ils ont alors pour vocation d'augmenter la productivité du milieu, généralement pour soutenir les activités de pêche professionnelle ou récréative. Indépendamment ou en association avec cette première préoccupation, ils peuvent avoir pour objectif la protection et/ou la restauration de milieux riches sensibles ou dégradés.

Il faut reconnaître cependant que les exemples de validation des impacts de ces aménagements sur la faune et le milieu sont rares. La démonstration des effets recherchés reste souvent partielle, limitée à quelques espèces et/ou restreinte à l'environnement immédiat des structures immergées. Les effets attendus concernent d'une part l'accroissement global de la richesse du milieu par la protection des stades biologiques les plus sensibles de certaines espèces, d'autre part, l'augmentation et la diversification des apports trophiques. L'hypothèse d'une production accrue se base sur l'offre d'une nourriture supplémentaire, la facilitation de l'alimentation, la mise à disposition d'abri contre la prédation, d'un habitat favorable aux juvéniles. Le gain de biomasse escompté résulte donc de l'amélioration de la croissance, de la reproduction et des taux de survie aux différents stades des cycles vitaux des organismes marins. Les récifs artificiels, à l'image des épaves, peuvent être également responsables de phénomènes d'agrégation ou de fixation spatiale d'individus ou de fractions de populations d'espèces marines. Dans certains cas, cette seule fonction est recherchée, notamment pour le développement d'une pêche de loisir.

Quatre raisons majeures expliquent la difficulté à démontrer, évaluer et quantifier ce qu'il convient d'appeler « l'effet récif », parfois sujet à interprétations controversées :

- Les différentes échelles spatio-temporelles à prendre en compte au cours des multiples phases du projet : diagnostic de la situation à améliorer, suivi et évaluation des impacts de l'aménagement, gestion des activités s'exerçant le site.
- La variabilité naturelle de la ressource biologique.
- La difficulté à définir des stations de référence non impactées.
- La nature, la difficulté de mise en œuvre et le coût des outils et moyens d'investigation nécessaires à la validation et à la qualification des plus-values biologique et économique générées par ces aménagements.

Ce document a pour objectif d'explicitier la position de l'Ifremer (en interne et vis à vis de l'extérieur) sur l'intérêt de ces aménagements à l'échelle nationale, sur les bénéfices qu'ils

sont susceptibles de générer dans les conditions actuelles de suivi et d'encadrement. L'intention n'est pas d'imposer une vision définitive sur ces sujets mais de se doter d'une doctrine et d'une stratégie internes dans ce domaine et d'être en mesure d'apporter certains éléments objectifs pour faciliter les choix et options des différents partenaires et acteurs de la bande côtière impliqués dans de tels projets.

Après avoir proposé une définition et décrit les approches et applications possibles des récifs artificiels, le document fera un point sur les acquis et les incertitudes qui demeurent au regard des enseignements tirés de l'analyse scientifique des expérimentations réalisées à l'étranger et en France. Il suggèrera enfin certaines recommandations générales et particulières en fonction des conditions de milieu et particularités culturelles propres au littoral français.

## 2/ Définitions

« Les récifs artificiels désignent des structures immergées volontairement dans le but de créer, protéger ou restaurer un écosystème riche et diversifié. Ces structures peuvent induire chez les animaux des réponses d'attraction, de concentration, de protection et, dans certains cas, une augmentation de la biomasse de certaines espèces » (IFREMER, 2000).

Bien que très large, et contrairement à d'autres acceptions notamment anglo-saxonnes des récifs artificiels<sup>1</sup>, cette définition exclut les DCP (Dispositifs Concentrateurs de Poissons), les épaves et les dispositifs aquacoles. De la même façon, elle n'intègre pas les aménagements portuaires, les dispositifs de défense du littoral ni les structures industrielles dès lors que ces réalisations n'ont pas été conçues, dès leur origine, pour augmenter la productivité du milieu dans lequel elles ont été implantées. En revanche, il est important d'intégrer l'ensemble de l'espace sur lequel a été réalisé l'aménagement pour prendre en compte son rôle fonctionnel dans l'alimentation ou les déplacements des animaux inféodés à l'aménagement.

Les définitions que l'on trouve dans la littérature tendent à évoluer et à s'élargir en fonction des progrès techniques et des objectifs et applications recherchées. A l'opposé de la conception japonaise, exclusivement dédiée au soutien des pêcheries et qui définit le récif artificiel comme « une construction humaine placée sur le fond, destinée à conserver, restaurer et développer les aires de pêches »<sup>2</sup>, la version australienne inclut par exemple toute structure appartenant au fond, à la surface et à la colonne d'eau pour un usage halieutique, éducatif ou de loisir (plongée, surf).

Enfin, de nombreuses définitions mentionnent l'intention de copier les structures naturelles présentes dans le milieu. Les réalisations les plus récentes démontrent que cet aspect est de plus en plus entaché de subjectivité.

La motivation du présent document nous incite à restreindre l'acception du terme « récifs artificiels » à la première définition évoquée.

---

<sup>1</sup> EARRN (European Artificial Reef Research Network) : « A submerged structure deliberately placed on the substratum (seabed) to mimic some characteristics of a natural reef »,

GBRMPA (Great Barrier Reef Marine Park Authority) in Australia : "Any structure that people build or put in place on the seafloor, in the water column or floating on the sea surface, for the purpose of either creating a new attraction for divers or to concentrate or attract plants and animals for the purpose of fishing".

<sup>2</sup> D'après la Fisheries Agency, in PIOCH 2007.

### 3/ Quels objectifs, quelles stratégies, quels récifs ?

Le soutien à l'activité de pêche côtière est indiscutablement l'objectif le plus ancien et le plus répandu des récifs artificiels. Pour atteindre ce but, deux stratégies non exclusives l'une de l'autre peuvent être adoptées pour augmenter la ressource halieutique :

- Apporter une biomasse complémentaire par l'immersion de dispositifs dits de production (effet récif).
- Restaurer ou accroître la productivité naturelle d'une zone en la protégeant par des récifs de défense (effet réserve).

A chaque fonction correspondent des structures de récifs qui diffèrent par leurs dimensions, leurs formes et leurs coûts de mise en œuvre (fabrication et immersion). Les proportions respectives des deux types de modules artificiels dépendront des objectifs, des caractéristiques du site d'accueil et des choix stratégiques y compris financiers.

Le recours aux récifs à vocation halieutique est souvent motivé par une concurrence croissante s'exerçant sur l'espace côtier dans un contexte de raréfaction de la ressource avec, comme corollaire, la multiplication des interactions entre usagers, parfois même au sein d'un même usage (i.e. différents métiers de la pêche professionnelle). Outre la limitation des conflits, l'aménagement est supposé sécuriser les zones de pêche, diminuer les coûts d'exploitation, améliorer la qualité de vie des pêcheurs et agir sur la sensibilisation et la responsabilisation des usagers vis à vis de la conservation des écosystèmes et de la ressource halieutique.

Les récifs à vocation patrimoniale visent à protéger ou à restaurer des zones remarquables à forts potentiels biologiques et/ou des espèces sensibles. La protection passe par l'exclusion ou la limitation de certains usages pour en atténuer les impacts. C'est le cas des dispositifs qui font obstacle à la pratique de certaines activités indésirables, comme le chalutage dans des zones sensibles ou soumises à restrictions d'usage. C'est également l'objet des récifs artificiels dits « de délestage » immergés à proximité de structures naturelles fragiles comme les coraux, menacés par exemple par la surfréquentation des plongeurs sous-marins. La restauration s'entend alors comme une mise en défens d'une zone susceptible de s'auto-régénérer dès lors que la source de dégradation est supprimée ou atténuée.

Les récifs artificiels sont parfois utilisés dans certaines opérations de génie écologique pour compenser la perte de territoires définitivement dégradés ou soustraits au milieu marin (Seaman, 2007). Il s'agit souvent de milieux très productifs tels que les herbiers, les marais salés ou les mangroves qui ne peuvent être *ex nihilo* recréés à l'identique sur un autre site. La compensation prend alors la forme d'un dédommagement par valorisation d'un secteur voisin par apport de récifs artificiels susceptibles d'en améliorer la productivité (i.e. support en béton pour aquaculture de macro algues, récifs de bancs d'huîtres, etc.).

En première approche, les structures industrielles ne peuvent être assimilées à des récifs artificiels dès lors que les motivations premières du choix initial de leur localisation et de leur architecture répondent à d'autres critères que l'optimisation de la productivité de l'écosystème d'accueil. Il en va de même pour les aménagements portuaires et certains aménagements de défense du trait de côte. Cependant cette potentielle valorisation de sites industriels ou d'ouvrages maritimes est couramment avancée, soit comme argument pour en faciliter l'acceptation par le public (éoliennes off shore), soit pour en justifier le recyclage sur place et éviter ainsi un démantèlement coûteux : plates formes d'exploitation de gaz ou de pétrole en fin de vie. Enfin, la disponibilité en produits manufacturés obsolètes, résidus et sous-produits industriels ou aquacoles est parfois, sinon à l'origine, du moins susceptible de peser sur les options retenues pour la réalisation de certains projets à base de matériaux

recyclés.

Les récifs artificiels trouvent également un certain nombre d'applications dans le domaine des loisirs. La pêche récréative ou la plongée sur des sites artificialisés est très développée dans les pays anglo-saxons tandis que l'on voit émerger, notamment en Méditerranée, des projets de récifs paysagers ou de sentiers sous-marins aménagés destinés à sensibiliser le public à la biodiversité et à la fragilité des écosystèmes côtiers ou à délester certains sites naturels surfréquentés.

Enfin, les récifs artificiels expérimentaux ont pu être associés à des installations aquacoles ou à des rejets d'industries alimentaires pour jouer le rôle de « biofiltres » épurateurs de milieu dégradés. En favorisant l'augmentation des populations de filtreurs, de détritivores et de bactéries, le récif artificiel agit comme un accélérateur de minéralisation de matière organique retransformant certains éléments (notamment azote et phosphore) en sels nutritifs qui sont à nouveau mobilisables. Cependant, seul le carbone peut être oxydé et réellement évacué sous forme de CO<sub>2</sub>. Plus qu'une filtration, il s'agit donc d'un transfert du compartiment sédiment vers le compartiment masse d'eau, non exempt de risque de favoriser le développement de blooms phytoplanctoniques. De plus, le volume de filtres nécessaires et l'obligation de leur renouvellement régulier limitent les potentialités de passer du stade expérimental à l'échelle industrielle. Des expérimentations similaires ont été testées avec des cordes de moules ou des rideaux d'algues. Elles se sont révélées infructueuses en raison des coûts d'exploitation, de l'effet sur les courants et sur la teneur en oxygène dissous, de l'incidence du mauvais temps sur les élevages et parfois d'une qualité du produit final incompatible avec la consommation humaine.

#### 4/ Les récifs artificiels à l'étranger

Le Japon est reconnu comme le leader mondial en matière d'opérations de soutien aux pêcheries : récifs artificiels et repeuplement. Ainsi, 20 millions de m<sup>3</sup> de récifs artificiels ont été immergés, ce qui représente un aménagement de l'ordre de 12% du plateau continental. L'appréciation des résultats n'est pas toujours évidente, notamment parce que les publications scientifiques en anglais restent rares comme la participation des scientifiques japonais aux colloques internationaux. Les exemples de réussites techniques, s'apparentant parfois à l'aquaculture, répondent à un grand nombre d'approches différentes et concernent prioritairement des espèces sédentaires ou à faible mobilité. L'analyse économique de ces opérations reste souvent partielle en ce sens qu'elle inclut rarement l'ensemble des coûts induits, de l'origine à la réalisation du projet. Par ailleurs, des opérations complémentaires de repeuplement sont associées à ces expérimentations. C'est un budget annuel de près d'un milliard d'euros (Pioch, 2007) qui serait consacré à la recherche dans ce domaine et au financement des deux volets de la mise en valeur des pêcheries côtières. En matière de gestion, il faut retenir la rigueur de l'encadrement des pêcheries exerçant sur les zones aménagées. Au-delà de la « privatisation » de l'espace maritime au bénéfice des coopératives de pêcheurs il faut souligner le recours systématique aux mécanismes de régulation de l'accès aux zones de pêche, de gestion et de contrôle de l'effort développé et de suivi des débarquements. Transposée dans un contexte de coopération avec d'autres pays (notamment Sénégal et Philippines), la technique japonaise se trouve confrontée aux difficultés inhérentes aux pays dotés de pêcheries à accès libre (Watanuki, 2006).

Les Etats-Unis se caractérisent par la réalisation d'un grand nombre d'immersions de récifs artificiels suivant deux directions différentes. La première répond à la satisfaction de la demande qui a accompagné le développement de la pêche plaisancière. La seconde est une alternative économiquement satisfaisante au démantèlement à terre de plates formes offshore devenues obsolètes. Aujourd'hui, scientifiques et acteurs reconnaissent que la disponibilité en matériaux (sous-produits industriels ou matériaux recyclés, épaves, installations offshore obsolètes) et la multiplicité des demandes (pêcheurs plaisanciers,

professionnels, dédommagement) ont ainsi pu avoir plus d'influence sur la nature des projets que la seule raison objective. Ils regrettent le peu d'actions concertées et de résultats tangibles sur la fonctionnalité de ces différentes structures immergées<sup>3</sup>. En effet, jusqu'à récemment, les nombreuses recommandations et contraintes réglementaires qui émaillent la phase d'instruction des projets n'avaient pas leur équivalent en matière de suivi post-immersion. L'exploitation des sites aménagés est cependant très encadrée sur la base d'une auto régulation indispensable au développement économique de l'activité plaisancière et des entreprises de charters qui sont à la base de ces projets. Aujourd'hui cependant, la volonté de recentrage scientifique est manifeste<sup>4</sup>. Elle s'attache notamment à décrire et comprendre l'évolution de la composition et de la distribution des assemblages de poissons autour des plates-formes pétrolières du Nord Est du golfe du Mexique et de la côte Ouest de Etats-Unis (Californie). Dans ces deux secteurs c'est la question de la réforme ou de la valorisation de plusieurs milliers de structures industrielles en fin d'exploitation qui se pose<sup>5</sup>.

Le Portugal s'est inspiré de l'expérience et de la technologie japonaise pour réaliser son projet en Algarve avec le double objectif de soutenir la pêche locale et d'amplifier le rôle bénéfique des lagunes dans le fonctionnement des écosystèmes côtiers. Les récifs artificiels portugais sont en effet destinés à protéger la pratique des arts dormants de la pêche des coquillages à la drague, à apporter un habitat nouveau sur une portion de côte essentiellement sableuse et à dynamiser les échanges entre lagune et mer ouverte qu'effectuent certaines espèces au cours de leur cycle de vie. C'est l'unicité de l'opérateur sur l'ensemble du projet qui donne à l'expérimentation portugaise son caractère exceptionnel. L'IPIMAR (Instituto de Investigaçã das Pescas e do Mar) est en effet le concepteur et le maître d'ouvrage du projet, l'opérateur en charge du protocole des expérimentations scientifiques et du programme de suivi des incidences de l'aménagement sur l'écosystème et les activités halieutiques qui l'exploitent. Cette cohérence d'acteur et d'action explique la qualité des résultats obtenus et des enseignements tirés de ces immersions. Elle permet également de conduire, parallèlement à la recherche de la validation de l'obtention des objectifs initiaux, des études scientifiques portant sur l'écologie des espèces (stabilité des populations) et des habitats, sur les potentialités d'opérations de restocking, etc.

Une action de sensibilisation auprès des pêcheurs, toujours conduite par l'IPIMAR, est aujourd'hui en cours pour valider l'incidence bénéfique des récifs artificiels sur la flottille locale à partir de questionnaires et de journaux de bord électroniques destinés à consigner avec précision la nature, le volume et la localisation des captures réalisées<sup>6</sup>.

En Espagne, l'objectif unique des immersions de récifs artificiels consiste à développer la pêche artisanale côtière par protection de zones riches et sensibles (i.e. fonds de maërl et de phanérogames), reconnues d'intérêt halieutique et menacées par le chalutage illégal. La protection se fait de façon continue par poses successives de barrières de récifs de

---

<sup>3</sup> Jr. William Seaman, *in* Cours approfondi « Conception et gestion de récifs artificiels d'intérêt halieutique », CIHEAM. Zaragoza, 7-11 mai 2007.

<sup>4</sup> Jim Bohnsack, *in* « Artificial reefs: Paradise found or lost? » Opening remarks of the 8<sup>th</sup> International Conference on Artificial Reefs and Artificial Habitats. Biloxi, april 10<sup>th</sup> – 14<sup>th</sup>, 2005.

<sup>5</sup> 4 000 plates-formes sont installées en Louisiane. En 1999, 151 plates-formes ont été transformées en récifs artificiels alors que 1879 ont été réformées et démantelées à terre.

<sup>6</sup> Carlos Monteiro : « pour que les objectifs de ce projet soient pleinement atteints il est essentiel de compter sur une collaboration croissante de la part des pêcheurs qui en sont les principaux bénéficiaires. Ils ont, avec les chercheurs, la co-responsabilité du suivi de l'évolution des écosystèmes et de leur exploitation durable ce qui, au final, est l'objectif ultime que nous nous proposons d'atteindre », *in* Recifes artificiais da costa algarvia. Edição IPIMAR, 2005. Texto: Miguel Neves dos Santos; Carlos Costa Monteiro e Alexandra Trindade.

défense<sup>7</sup>. Les enquêtes de satisfaction auprès des utilisateurs et l'observation par sonar latéral de la tenue des modules à l'immersion et de l'efficacité de la protection (usure, résistance aux intrusions des arts traînants, configuration des sédiments superficiels environnants, etc.) constituent les deux piliers principaux du suivi de ces dispositifs.

En Italie, l'utilisation des récifs comme barrière anti-chalutage reste un des objectifs prioritaires de ces aménagements sur l'ensemble des côtes italiennes. Ils sont aussi le support d'expérimentations aquacoles : moules et pholades sur la côte adriatique, repeuplement en poissons sur la côte ligure et en Sicile.

## 5/ Les récifs artificiels en France

### 5.1. Les principales réalisations.

Sur le littoral français, les projets d'aménagement par les récifs artificiels sont essentiellement localisés sur la façade méditerranéenne. Le Languedoc-Roussillon, région pionnière en matière d'immersion de récifs artificiels au niveau national, est également leader du point de vue du nombre de sites aménagés. Suite au premier essai réalisé à Palavas-les-Flots en 1968, des immersions de plus grande envergure ont été réalisées à partir de 1985 sur Agde, Gruissan, Port la Nouvelle, Canet, Saint-Cyprien pour un volume d'environ 15 000 m<sup>3</sup>. Aujourd'hui certains de ces projets ont été étendus et d'autres communes du littoral du Languedoc-Roussillon se sont dotées de ce type d'aménagements : Aigues-Mortes, Frontignan, Marseillan, Valras, Leucate-Barcarès, Argelès, ... Ce sont ainsi près de 30 000 m<sup>3</sup> qui ont été immergés sur l'ensemble du littoral du Languedoc-Roussillon sous l'impulsion d'une quinzaine de communes et du Conseil Régional assisté par le Cépralmar<sup>8</sup>, en charge d'accompagner la mise en œuvre de sa politique de valorisation du littoral. Cependant, aucune analyse globale n'a été menée sur l'ensemble de ces réalisations et peu d'informations sont aujourd'hui disponibles sur l'impact réel de ces aménagements. Ce déficit est imputable au manque de standardisation des méthodes de suivis scientifiques et à l'absence de données suffisamment fiables sur les captures réalisées par les pêcheurs professionnels. La poursuite de la politique d'immersion de récifs en Languedoc-Roussillon est aujourd'hui assujettie à une étude en cours portant sur 40 années d'expérimentation. Elle vise à démontrer la réalité des effets bénéfiques escomptés de ces immersions quant à la protection des zones sensibles vis à vis du chalutage et au maintien voire au développement de la pêche artisanale aux petits métiers. Cette réflexion a également pour objectif de se prémunir d'une politique au coup par coup pour rechercher une cohérence régionale plus efficace et une diversification des applications potentielles des récifs artificiels pour en faire de véritables outils d'aménagement du territoire maritime. Il s'agit en particulier d'accompagner les professionnels de la pêche dans la nécessaire mutation des pratiques de pêche et des modes de gestion liés à ces aménagements mais aussi d'envisager l'extension de la vocation des récifs aux usages sportifs et récréatifs (plongée et pêches de loisir), touristiques et patrimoniaux.

En Région PACA, le Parc Marin de la Côte Bleue a vu le jour en 1983 suite à la mise en œuvre d'un programme régional de gestion des ressources côtières alliant la création de réserves marines et l'immersion de récifs artificiels. Egalement soutenu par le Conseil Général des Bouches du Rhône, le projet était à l'origine animé par une association regroupant les quatre communes du Quartier maritime de Marseille. La structure de portage a aujourd'hui évolué en syndicat mixte réunissant les mêmes partenaires tandis que le statut juridique des deux zones marines protégées et des récifs est passé de celui de concession

---

<sup>7</sup> Pas de recours aux récifs artificiels dans les réserves naturelles pour éviter d'altérer les équilibres biologiques préexistants.

<sup>8</sup> Centre d'Etudes et de Promotion des Activités Lagunaires et MARitimes.

de cultures marines à celui de concession d'utilisation des dépendances du Domaine Public Maritime. C'est à l'instigation des organisations professionnelles de la pêche que le projet s'est développé en 1993 par un élargissement du parc et par l'immersion de récifs supplémentaires pour permettre la valorisation de certaines zones de pêche particulièrement productives et la protection de nouveaux secteurs contre le chalutage illégal. Par ailleurs, de nombreuses actions de sensibilisation sont organisées pour faire partager aux partenaires et au public les objectifs et les résultats de cette politique de mise en valeur de l'écosystème marin et de rationalisation des pratiques de pêches professionnelles et de loisir. La cohérence de la stratégie régionale, l'implication des professionnels dans les protocoles de pêches expérimentales sur les réserves ainsi que dans le suivi des captures réalisées en périphérie et la surveillance exercée par le personnel du parc sur les aires aménagées (scientifiques et gardes) sont autant de conditions favorables à la démonstration de l'efficacité de ces aménagements. C'est donc logiquement que le Parc Marin de la Côte Bleue apparaît, au niveau national, comme l'expérience la plus probante en la matière. C'est également un espace atelier d'expérimentation et de production de résultats scientifiques de référence.

Enfin, un projet conséquent d'immersion de 32 000 m<sup>3</sup> est en cours de réalisation dans la baie du Prado à Marseille. L'aménagement couvrira une surface de 220 hectares pour constituer le plus vaste ensemble de récifs artificiels immergés en France et en Méditerranée. L'opération vise à la fois à réhabiliter et à valoriser des milieux naturels dégradés et à soutenir et développer l'activité économique locale, et tout particulièrement la pêche artisanale. La conception des récifs repose sur l'idée d'offrir un éventail d'habitats le plus large et le plus diversifié possible et de privilégier la dispersion de récifs, disposés en « villages » et constitués de modules de béton, d'acier et d'enrochements plutôt que de rechercher leur concentration sous forme de grands amas.

Quelques réalisations ponctuelles sont présentes sur la façade Atlantique-Manche. Les plus anciennes, situées sur la côte des Landes, sont portées par des associations : Aquitaine Landes Récifs, pour un total de 2 400 m<sup>3</sup> répartis sur 3 sites (Capbreton, Vieux-Boucau et Moliets) et l'ADREMCA<sup>9</sup> sur le site du Porto à Mimizan. Ces associations sont soutenues par des financements locaux et régionaux. Elles se donnent pour principal objectif un rôle éducatif et de sensibilisation du public et des usagers au fonctionnement de ces récifs et de leur incidence sur le comportement des espèces locales. Les suivis scientifiques sont assurés par des plongeurs bénévoles et des bureaux d'études.

D'autres réalisations affichent clairement leur vocation halieutique et leur finalité expérimentale destinée à valider la possibilité de transposer des concepts d'aménagements déjà testés en Méditerranée ou en Algarve dans des conditions de milieu différentes, notamment du point de vue hydrodynamique. C'est par exemple le cas du projet des récifs de l'île d'Yeu /Le Croisic (840 m<sup>3</sup>), porté par le COREPEM<sup>10</sup> et destiné à tester la résistance physique de différents modules à l'environnement atlantique et à définir les sites les plus appropriés à une colonisation rapide des structures en fonction de leur forme, de leur localisation géographique et de la profondeur d'immersion. Un autre projet de ce type (450 m<sup>3</sup>) est actuellement conduit à Etretat par la CCI de Fécamp en concertation avec différents usagers professionnels et récréatifs de la mer.

## **5.2. Les principaux acquis sont-ils directement transposables d'une expérimentation à l'autre ?**

Ces dernières années, chaque architecte, porteur de projet ou bureau d'études a pu, pour

---

<sup>9</sup> Association pour la Défense la Recherche et les Etudes Marines de la Côte Aquitaine.

<sup>10</sup> Comité Régional des Pêches et des Elevages Marins des Pays de Loire.

soumettre un concept, valoriser un dossier ou étayer des observations expérimentales, faire référence aux exemples japonais, portugais et états-unien, compilant, parfois abusivement, leurs aspects les plus positifs pour les réunir sur un même site. Pourtant, si ces réalisations partagent les mêmes enjeux, les moyens de les atteindre doivent s'analyser à travers les particularités qui font de chaque expérimentation et de chaque site un cas unique et singulier. Autrement dit, les spécificités des écosystèmes considérés aux premiers rangs desquelles figurent le potentiel trophique et le contexte socio culturel et réglementaire qui, au fil du temps, a structuré les modes d'approche et de gestion des récifs artificiels dans ces différents pays incitent à une certaine prudence quant aux chances de succès de leurs transpositions au niveau français, surtout lorsque ne sont pris en considération que les seuls aspects techniques.

S'il semble acquis que les récifs artificiels sont, pour certaines espèces, un des moyens de gestion des pêcheries au même titre que le repeuplement, l'expérience montre également que des récifs non gérés ne peuvent atteindre les objectifs pour lesquels ils ont été conçus mais encore, qu'ils sont alors susceptibles d'avoir des effets négatifs sur les stocks et leurs usagers. L'immersion de récifs artificiels ne peut être qu'un outil complémentaire accompagnant des mesures agissant directement ou indirectement sur les écosystèmes et leur exploitation comme la mise en place d'un système de régulation de l'accès à la zone aménagée, la limitation de l'effort de pêche (nombre de navires et d'engins) et des prélèvements (restriction sur taille et nombre des captures, sélectivité des engins de pêches), la réduction des sources de pollution et de dégradation physique des fonds, etc.

### **5.3. Cadre juridique et réglementaire**

Les aspects légaux sont largement sous-estimés alors qu'ils jouent un rôle central dans le développement des aménagements physiques en mer. En matière de récifs artificiels il convient de distinguer l'occupation de l'espace, qui relève de la domanialité publique, et la gestion de la ressource qui relève du droit de la pêche. Par ailleurs, des recommandations et des directives issues de conventions internationales (OSPAR, Barcelone) ainsi que des directives européennes et des décrets nationaux relatifs à la protection de l'environnement complètent le dispositif d'encadrement réglementaire des immersions de récifs artificiels.

S'agissant de l'espace, la règle fondamentale est l'inaliénabilité qui a pour conséquence le caractère précaire de toute occupation du DPM (Domaine Public Maritime). En pratique, la concrétisation des projets résulte toujours d'un compromis entre l'interprétation des contraintes juridiques et administratives et l'application de textes souvent peu adaptés aux récifs artificiels. Cependant, sauf cas particuliers, la situation s'est simplifiée depuis la parution du décret du 29 mars 2004 relatif aux concessions d'utilisation du domaine public maritime en dehors des ports. Outre l'introduction du principe de réversibilité, il précise les éléments et les documents à associer à la demande de concession, il décrit la procédure d'instruction administrative et d'enquête publique.

La ressource, quant à elle, est « res nullius » ; c'est un patrimoine commun<sup>11</sup>, elle n'appartient à personne tant qu'il n'y a pas eu d'action de pêche. Si le cadre législatif prévoit que l'administration peut prendre un décret relatif à l'organisation des conditions d'exercice de la pêche autour des structures destinées à favoriser l'exploitation et la mise en valeur des ressources biologiques<sup>12</sup>, de telles dispositions restent à prendre. Aujourd'hui, l'accès libre à des groupes d'acteurs pouvant avoir des objectifs très différents est un handicap majeur pour la démonstration de l'efficacité de ces aménagements. Cette évolution souhaitable

---

<sup>11</sup> Loi d'orientation sur la pêche maritime et les cultures marines (Loi n°97-1051 du 18 novembre 1997).

<sup>12</sup> Décret 1852, article 3, point 12.

nécessiterait un changement important d'attitude des pêcheurs comme des responsables politiques et du législateur en général. Il subsiste en effet des réticences à privatiser de grands espaces alors que la dynamique de fonctionnement et la réussite de telles réalisations s'appréhendent à l'échelle des écosystèmes qui les intègrent.

## 6/ Questions en suspens.... Questions aujourd'hui sans réponse

La question se pose toujours, et parfois de façon polémique, de savoir si les récifs artificiels accroissent, diminuent ou redistribuent la ressource. Ce n'est pas un faux débat si l'on considère que, bien souvent, l'objectif affiché est le soutien à une pêcherie durable et qu'il repose donc sur la bonne adéquation entre la productivité du site, avec ou sans plus-value due aux récifs, et la capacité de captures. L'obligation d'une gestion des usages (régulation de l'accès, limitation de l'effort, et allocation des captures) se posera quelles que soient les proportions relatives des effets « production », « concentration » et « réserve » constitutives de la variation globale observée.

Dans un contexte où les évaluations sont entachées d'incertitudes (variabilité de la ressource, de l'environnement, incidence des aménagements sur les pratiques), l'appréciation objective de la valeur ajoutée reste délicate. Par ailleurs, elle est fortement dépendante de la localisation et de la dimension du projet ainsi que de la fenêtre spatio-temporelle d'analyse. Enfin, cette évaluation ne peut faire abstraction des taux d'exploitation ni de l'incidence de la redistribution de l'effort de pêche autour de l'aménagement sur l'état des stocks halieutiques et sur l'écosystème. La situation observée au niveau de la zone d'implantation des récifs n'est pas figée. Elle est le résultat d'un équilibre de flux d'importation et d'exportation avec une zone périphérique (ou d'influence) dont la dimension varie en fonction de l'espèce considérée et de la dimension de l'aménagement réalisé. La maîtrise de l'effort de pêche déployé sur ces deux zones est donc primordiale pour espérer qualifier l'éventuel effet du récif.

Les récifs artificiels sont parfois présentés comme un outil de restauration des biocénoses et de la biodiversité. Sans doute faut-il comprendre ici la restauration comme une amélioration ou un retour à un état satisfaisant d'une situation dégradée car le retour à l'état initial est, plus que vraisemblablement, un objectif inaccessible. Par ailleurs, l'aménagement par les récifs artificiels se traduit généralement par l'immersion de substrats durs sur des fonds meubles, souvent réputés à tort comme plus pauvres. A l'échelle du récif, l'apport d'un habitat supplémentaire ou nouveau couvre un biotope préexistant dont la fonctionnalité est, de ce fait, modifiée. Il ne peut donc y avoir d'autre résultat qu'une modification des biocénoses d'origine qui, sauf à répéter des aménagements identiques dans des écosystèmes en tous points comparables (situation purement théorique) n'est pas prévisible (Langlois, 2005). A une échelle plus large, l'ampleur des modifications (positives ou négatives) varie en fonction de l'importance et de l'efficacité de l'aménagement et leur justification dépend de la question posée et de l'objectif visé. Enfin, les récifs artificiels n'ont pas d'incidence sur les principales causes d'appauvrissement ou de dégradation des biocénoses<sup>13</sup> si ce n'est, mais de façon partielle, sur la pêche commerciale et récréative : soit parce qu'ils soustraient une zone limitée à la pression de pêche, soit parce qu'ils modifient, plus ou moins intensément, les pratiques préexistantes.

L'artificialisation des écosystèmes naturels par les récifs artificiels et la modification des biocénoses s'imposent-elles ? L'aménagement des fonds marins par des structures artificielles comme outil de restauration d'un milieu « naturel » est-elle une simple juxtaposition de deux principes antinomiques ou est-elle une véritable question « d'éthique »

---

<sup>13</sup> Cf. Proposition de directive du parlement européen et du conseil : « Stratégie pour le milieu marin », 24/10/2005.

écologique ? Les récifs artificiels jouissent d'un bon accueil de la part du public. Contrairement à d'autres aménagements physiques du littoral, les récifs artificiels ne sont pas visibles et l'image relayée par les médias en est presque toujours positive. Elle repose le plus souvent sur un discours opposant, parfois de façon hâtive, une raréfaction généralisée de la ressource halieutique à de fortes concentrations de poissons évoluant à proximité de ces dispositifs. Quelle certitude avons-nous de la permanence de cette image au cours des prochaines années ?

## 7/ Récifs artificiels : un outil de gestion non exempt de paradoxes

Paradoxalement, alors que les récifs semblent être des outils qui se prêtent bien à l'expérimentation, l'essentiel de la littérature scientifique se limite à une description de la colonisation des structures par le benthos et à l'évaluation de la faune mobile à proximité immédiate des récifs. Ce déficit est encore plus marqué en ce qui concerne les études économiques post-immersion.

Il peut y avoir une certaine contradiction à vouloir corriger une situation dégradée, résultant souvent d'un déficit de mesures d'encadrement des usages ou d'une difficulté à les faire appliquer, par un aménagement dont l'efficacité est conditionnée par un surcroît de gestion. Comment créer une situation telle que ce « plus » de gestion s'impose de lui-même ? La gestion sans récifs ne constitue-t-elle pas une phase intermédiaire préalable ?

Lorsque l'effet présumé et attendu ne peut être mesuré, la tentation est grande de vouloir augmenter la dimension de l'aménagement pour atteindre une valeur critique au-delà de laquelle l'effet deviendrait perceptible<sup>14</sup>. C'est faire abstraction de l'hypothèse qui voudrait que, plutôt qu'un effet non mesurable, il n'y ait pas d'effet pour une cause extérieure à l'aménagement (inadaptation du milieu d'accueil, déficit de gestion). C'est aussi augmenter les risques d'effets négatifs (surexploitation, effets pervers).

Il semble très important de se donner les moyens d'une appréciation des retombées des récifs artificiels sur la pêche commerciale et récréative, les biocénoses, l'économie locale, etc., au moment où il est parfois proposé de sortir du schéma dominant « récifs/pêche côtière » pour aller vers la valorisation « multi-usages » des récifs. En effet, en supposant, ce qui n'est pas la règle générale, que l'exercice d'activités différentes soit compatible sur une même zone aménagée, la diversité des objectifs et des pratiques ne sera pas de nature à simplifier la gestion ou l'étude du fonctionnement de ces dispositifs. En réalité, la vocation d'un récif est rarement multi-fonctionnelle et le multi-usages est une autre façon d'évoquer la diversité des objectifs potentiels pour une utilisation généralement mono-usage de ces aménagements.

L'habitat peut être considéré comme un facteur limitant dans certains cas particuliers de sites littoraux dégradés justifiant ainsi la mise en place de politiques de restauration ou de compensation. Cependant, la question ne se pose pas en ces termes dans le contexte général d'une exploitation intense et soutenue de la ressource halieutique ou dans des situations de recrutement limité. Dans de telles situations il convient donc de s'interroger sur l'intérêt de ce type de projets, surtout lorsqu'ils ne sont pas accompagnés de mesures de gestion.

Certains effets recherchés sont contradictoires lorsqu'ils sont destinés à être combinés sur un même site. Par exemple, la protection des juvéniles est un objectif récurrent des récifs artificiels qui vise à diminuer la prédation. Comment éviter que cette fonction ne constitue

---

<sup>14</sup> Selon les auteurs (Bourjea, 2002 ; Charbonnel, 2007 ; Pioch, 2007) cette valeur seuil varie de 2 500 à 50 000 m<sup>3</sup> en fonction des sites étudiés.

également une opportunité trophique pour les prédateurs ?

La tendance actuelle qui consiste à chercher à améliorer l'efficacité des récifs artificiels par une spécification extrême de l'habitat créé, tant au niveau de la conception des modules (dimensionnement de cavités ou ajout de matériaux destinés à accueillir des espèces de taille très différentes) qu'au niveau de la configuration générale de l'aménagement (création de corridors entre les différents amas de récifs), appelle à se poser plusieurs questions. Cette stratégie ne revient-elle pas implicitement à reconnaître la limite du rayon d'influence de la structure immergée et de son potentiel d'exportation ? La question du dimensionnement de l'aménagement pour atteindre les objectifs visés se trouverait ainsi posée dans de nouveaux termes. Par ailleurs, la fonctionnalité recherchée, notamment par les cavités les plus réduites ne risque-t-elle pas d'évoluer au fur et à mesure de la colonisation des structures par le fouling qui en modifiera le volume ? Enfin, différentes techniques de pêche s'appuient déjà sur la relation privilégiée entre une espèce cible et un habitat particulier (i.e. filières de pots à poulpes). On peut donc s'interroger sur la valeur ajoutée qu'il y a à équiper des récifs à vocation halieutique de tels dispositifs.

## 8/ En attendant... quelques recommandations

Au regard des interrogations soulevées précédemment, il est difficile de proposer une ligne directrice universelle de recommandations pertinentes pour une réalisation optimale et une gestion adaptée de récifs artificiels en cohérence avec les objectifs visés, les espèces et les écosystèmes à considérer.

### ***8.1. Recommandations sur les phases préalables à l'immersion de récifs artificiels***

Certaines priorités peuvent être dégagées pour augmenter les chances de succès de l'aménagement. Si l'évaluation de la réussite du projet est assujettie au pragmatisme et à la maîtrise du protocole d'évaluation de ses impacts sur l'écosystème concerné et sur les activités qui s'y exercent, il faut rappeler l'importance capitale du diagnostic initial de la situation à améliorer sur la base duquel seront établis les objectifs de l'opération et le niveau des effets attendus.

#### ***8.1.1. Diagnostic de la situation à améliorer :***

Identification de l'écosystème : nature des fonds, bathymétrie, hydrologie, température, salinité, évolution saisonnière, gradients, conditions météorologiques, turbidité, capacité trophique du milieu, incidences des bassins versants....

Description des populations et sous-populations concernées : communautés benthique et pélagique, biocénoses et habitats, écologie des espèces cibles. Description des différentes phases du cycle vital et des habitats successifs, schémas de migrations, localisation des nourriceries et frayères, identification des phases-clés et de leur dépendance vis à vis de l'écosystème concerné. Fluctuations d'abondance et variabilité spatio-temporelle. Comportement intra et inter spécifique (relation prédateur-proie), interactions avec l'aménagement (attraction, concentration, protection), description des processus et facteurs écologiques qui régulent le fonctionnement des récifs.

Analyse des usages marchands et non-marchands : nature des différents usages de l'espace et des ressources concernées par l'aménagement, évaluation des impacts économiques de ces différents usages, analyse des interactions et conflits potentiels. Analyse des modalités d'exploitation actuelles (période de référence, « état zéro ») et futures. Pour la pêche professionnelle, identification et localisation des métiers (stratégies, zones et techniques de pêche), représentation cartographique des activités et des captures

pour la zone aménagée et la zone d'influence, élaboration d'indicateurs de l'effort de pêche développé, des captures : tonnages débarqués, composition spécifique des débarquements, diagramme d'exploitation, inventaire des réglementations s'appliquant aux zones / ressources concernées par l'aménagement.

### *8.1.2. Définition claire et précise des objectifs biologiques, socio-économiques*

Analyse des motivations et sensibilités des différents acteurs et usagers dont il faut chercher à identifier les besoins et à préciser les attentes vis à vis du projet.

Etude des scénarios et solutions alternatives ou complémentaires telles que : sensibilisation aux mesures de protection, responsabilisation des bénéficiaires de l'aménagement (accords de pêche), nouveaux outils de contrôle et de surveillance, mesures techniques de régulation de l'effort de pêche et des captures :

- Récifs de production : Il peut être utile de mettre en perspective les effets attendus d'un aménagement par rapport à la mise en place de mesures « classiques » visant par exemple à limiter l'effort de pêche, restreindre les captures, minimiser les rejets (amélioration de la sélectivité des engins de pêche) ou respecter les zones les plus productives (3 milles) par l'instauration d'accords de pêche.
- Récifs de défense : La protection est souvent imparfaite, elle ne dispense pas d'un système de contrôle ou de surveillance coûteux. L'efficacité parfois relative ou temporaire de telles mesures incitent à envisager le recours à des solutions alternatives : accords de pêche, renforcement des contrôles intégrant les progrès techniques réalisés en matière de contrôle et de localisation des navires<sup>15</sup>.

Prise en considération des risques : s'agissant des récifs artificiels à vocation halieutique, bien que les bénéfices potentiels attendus puissent être conséquents, il existe un risque qu'ils soient réduits à néant dans des secteurs où l'amélioration des rendements de pêche conduirait à une augmentation de l'effort de pêche induisant une surexploitation<sup>16</sup>. Ce risque est plus important si l'effet récif se limite à un phénomène d'agrégation sous des conditions de libre accès. Le récif aurait pour seul effet d'augmenter l'accessibilité du poisson, jouant ainsi le rôle d'un engin de pêche plus performant dans un contexte de surcapacité de capture. Les effets négatifs sont susceptibles de se manifester par une déstructuration des flottilles ou par un effet report sur des zones voisines également sensibles, consécutivement à la fermeture éventuelle de la zone aménagée. Indépendamment du contexte halieutique, les risques pour les ressources halieutiques et les flottilles, découlant de récifs mal conçus ou mal placés sont susceptibles d'induire des effets pervers<sup>17</sup> ou non désirés<sup>18</sup> sur les écosystèmes : déséquilibre des assemblages faunistiques préexistants, apparition d'espèces indésirables. Il faut donc ici rappeler l'intérêt d'intégrer une phase expérimentale à chaque projet conséquent.

Ingénierie : Contrairement ce qui est couramment observé, pour être pertinents, les choix techniques et technologiques ne seront arrêtés qu'en dernier lieu, après prise en considération des objectifs du projet, des caractéristiques du site d'implantation, des spécificités de l'écosystème considéré et des particularités des espèces ciblées. La dimension, l'efficacité, la pérennité d'un récif artificiel et ses éventuels impacts sur le milieu

---

<sup>15</sup> Balises VMS (Vessel Monitoring System).

<sup>16</sup> Voir par exemple Garcia, 1990 ; Willmann, 1990 ; Santos et al., 1997 ; Watanuki et al., 2006.

<sup>17</sup> Ex. expansion des risques liés à la ciguatera dans le golfe du Mexique (Villareal et al., 2005).

<sup>18</sup> Ex. prédation exercée par les dorades sur filières de moules en Languedoc-Roussillon.

seront fonction des matériaux utilisés, de l'architecture, de l'organisation et de la disposition des structures modulaires sur le fond (Pioch, 2004). Les choix technologiques auront une incidence directe (notamment sur les coûts) sur toutes les phases du projet : conception, fabrication, entreposage, balisage mais surtout logistique d'immersion.

## **8.2. Recommandations après immersion**

### **8.2.1. Suivi :**

Longtemps, malgré la politique de subvention développée par l'Union européenne, les financements des projets d'aménagement par les récifs se sont avérés insuffisants pour mener à bien l'intégralité des projets. C'est donc logiquement leur dernière phase de développement qui s'en est trouvée pénalisée, les économies imposées se faisant généralement au détriment de la qualité du suivi post-immersion. Par ailleurs, l'apparente évidence de la solution proposée, la satisfaction globale (les récifs bénéficient d'une perception positive de la part du public) ou la résolution, parfois temporaire, d'un conflit d'usage n'incitent pas à la recherche de financements complémentaires pour mettre en œuvre un suivi qui ne peut être que complexe et coûteux au regard des moyens d'investigation nécessaires. Depuis 2000, si les subventions sont assujetties à un suivi et que celui-ci doit obligatoirement s'inscrire dans la durée (minimum de 5 ans) il n'existe pas de protocole minimum pour ce type de suivi.

Plus qu'une étude exhaustive intégrant de nombreux paramètres dont l'analyse risque d'être hasardeuse, il convient de se donner les moyens d'une étude préalable pour sélectionner quelques indicateurs pertinents et facilement interprétables, susceptibles de traduire au mieux les évolutions du milieu physique et de l'écosystème, les mutations potentielles des pratiques et l'évolution des captures. Il importe que les actions (et les indicateurs) à mettre en œuvre relèvent d'un certain pragmatisme et fassent preuve d'efficacité. Les actions doivent être clairement identifiables, porter sur des sujets concrets, s'inscrire dans des pas de temps facilitant l'implication des acteurs et produisant des résultats mesurables. Faute de percevoir les résultats, les acteurs risquent de ne pas poursuivre leurs efforts ou d'augmenter arbitrairement les volumes immergés sans prise en compte d'éventuels effets négatifs de ces aménagements.

L'acquisition de données quantitatives doit se faire de manière continue avant et après l'aménagement pour disposer d'une période de référence qui prenne en compte les fluctuations naturelles de la ressource. Des observations ponctuelles risqueraient d'être biaisées par cette variabilité et l'effet attribué à l'aménagement pourrait être sur ou sous évalué.

Jusqu'à présent, les observations ont principalement porté sur la colonisation des structures par la flore et la faune fixées ou sur l'analyse par plongée ou pêches expérimentales de densités ponctuelles d'espèces mobiles présentes à proximité immédiate des aménagements. Le passage à l'échelle de l'écosystème suppose que l'on étudie les processus de régulation (reproduction, stades précoces, voies de migration) à l'échelle des populations. Si de telles études peuvent être complexes et lourdes, elles n'en sont pas moins réalisables.

### **Principaux domaines d'investigation**

#### **Milieu physique**

Il s'agit de suivre le comportement et la résistance des structures immergées et l'évolution de la nature des fonds des zones proches (topographie, granulométrie, etc.) et des caractéristiques de la masse d'eau.

## Milieu biologique

Différentes méthodes complémentaires (dites conservatrices ou destructives) peuvent être associées en fonction des objectifs poursuivis. Elles permettent d'analyser la colonisation progressive des récifs et leur fréquentation par les espèces mobiles.

- Méthodes conservatrices :
  - **Plongée et prises d'images** permettant l'observation de la colonisation et du fonctionnement du récif. La plongée est soumise à des contraintes de météo, de visibilité et à des biais liés notamment aux phénomènes d'évitement (plongeurs, lumière artificielle) etc., pour les espèces mobiles.
  - **Télémetrie** : permettant de suivre le déplacement d'un individu muni d'une marque magnétique ou d'étudier la présence/absence d'individus marqués sur une aire déterminée.
  - **Acoustique** : impulsion sonore émise par un émetteur qui se réfléchit sur un obstacle (vessie natatoire) ; l'impulsion retournée est analysée par un capteur. Cette technique permet de disposer d'un rayon d'action plus large que la plongée, elle est également moins assujettie aux contraintes du milieu, mais elle est moins performante en matière de discrimination des espèces.
- Méthodes destructives : elles supposent une capture du poisson et permettent d'avoir des informations précises sur les caractéristiques des espèces capturées (taille, poids) sur leur régime alimentaire (contenus stomacaux). Elles sont indispensables pour mesurer l'impact des récifs sur les pêcheries.
  - **Pêches expérimentales** : souvent très limitées dans le temps et dans l'espace, elles répondent généralement à une contrainte administrative qui assujettit le financement du projet à ce type d'étude. De plus, généralement pratiquées à proximité immédiate des récifs, dans une zone soumise à restriction d'usage, les pêches expérimentales ne sont pas, à elles seules, un indicateur suffisant pour évaluer l'incidence de l'aménagement sur la pêche côtière concernée. Elles sont par ailleurs directement influencées par la pression de pêche régnant dans la zone périphérique de l'aménagement.
  - **Pêches professionnelles** : c'est l'outil de mesure incontournable pour valider l'obtention de l'objectif premier de la majorité des aménagements réalisés. Malheureusement, le seul indicateur objectif reste souvent aujourd'hui le nombre de bateaux<sup>19</sup> présents dans la région considérée. La meilleure preuve d'une augmentation de la production serait de démontrer un accroissement durable des captures professionnelles à une échelle régionale ou locale cohérente avec l'importance de l'aménagement.

### 8.2.2. Evaluation

L'évaluation de la réalisation des objectifs visés et des résultats obtenus correspond à une interrogation scientifique. Elle peut également répondre à la demande de certains usagers favorables ou opposés à ce type d'aménagement. C'est par ailleurs une préoccupation institutionnelle légitime. En général, le(s) financeur(s) public(s), soucieux de justifier les choix

---

<sup>19</sup> En Languedoc-Roussillon il a été divisé par deux au cours des 20 dernières années.

retenus et les investissements réalisés n'est (ne sont) pas le(s) bénéficiaire(s) du projet<sup>20</sup>. Cette situation classique d'évaluation des politiques publiques complique les termes de l'analyse de la rentabilité de l'opération.

L'évaluation a pour but de :

- valider, au moins partiellement, l'obtention du ou des objectifs visés,
- vérifier l'absence d'éventuels effets négatifs ou non désirés sur le milieu et les écosystèmes (déstabilisation de l'environnement sédimentaire, déséquilibre des assemblages de poissons) ou sur les activités qui s'y pratiquent (surpêche, déstructuration des flottilles),
- fournir les informations nécessaires à l'évolution et l'amélioration du projet et à l'optimisation des réalisations futures. Confirmer ou améliorer l'architecture, la configuration et la disposition des aménagements, optimiser les coûts des projets ultérieurs,
- définir d'éventuelles recherches complémentaires, scénarios alternatifs ou de nouvelles mesures de gestion,
- valider les scénarios de gestion retenus pour un bénéfice économique (ajustement de la dimension de l'aménagement au bénéfice attendu) et social (redistribution de la valeur ajoutée) optimal au regard des objectifs initiaux.

Au-delà des avantages présumés des récifs artificiels, il convient d'en évaluer rigoureusement l'effet ou la conséquence objective (i.e. l'apport de substrats durs sur un fond meuble) mais aussi la perception de ces impacts par les différents acteurs, indépendamment de toute forme d'usage (marchands ou non-marchands) des espaces et des ressources concernés<sup>21</sup>.

Si la vocation première de l'aménagement concerne le soutien ou le développement d'une activité extractive, la question de la réalité de la valeur ajoutée pour la ressource, de son évaluation et de son partage mérite d'être posée. Elle doit même être au cœur de chacune des étapes d'un projet d'aménagement<sup>22</sup>.

Les récifs sont susceptibles de contribuer positivement à l'économie d'une région, notamment en augmentant le produit de la pêche artisanale locale. L'évaluation du succès passe par l'estimation des débarquements à une échelle spatio-temporelle adaptée. Il convient par ailleurs de contrôler l'effort de pêche développé autour des aménagements et les captures associées pour éviter les risques de surpêche, de déséquilibre des assemblages et populations de poissons exploités ou non. Faute de cette stratégie, les bénéfices économiques peuvent être dissipés à plus ou moins long terme, l'augmentation des pressions de pêche répondant aux améliorations des rendements dans les zones aménagées.

Il s'agit enfin de mieux cerner la complémentarité de ces aménagements avec des mesures

---

<sup>20</sup> En Languedoc-Roussillon, les projets sont généralement financés à 50% par l'UE, 20% par la Région, 10% par le Département. Le maître d'ouvrage, le plus souvent la commune, apporte les 20% restant.

<sup>21</sup> Même si, comparativement à d'autres aménagements offshore (éoliennes, plates-formes d'extraction, installations aquacoles), les récifs artificiels bénéficient d'une meilleure acceptabilité du public, notamment parce qu'ils ne sont pas visibles.

<sup>22</sup> Ce qui signifie que la question « à quoi et à qui sert le récif ? » a préalablement été résolue.

plus globales, complémentaires ou alternatives, auxquelles ils ne peuvent se substituer, comme par exemple : l'ajustement des capacités de captures au potentiel de renouvellement de la ressource, l'amélioration de la sélectivité des engins de pêche ou la préservation des zones de plus forte productivité.

L'évaluation économique de type « analyse coûts-avantages » est un outil d'aide à la décision et à la clarification des choix qui vise à identifier les conséquences pour la collectivité des différents scénarios envisagés (Thébaud, 2001). Elle a donc pour objet non seulement de juger de l'obtention des objectifs fixés mais aussi de la pertinence du coût et des bénéfices, y compris non-marchands, des différentes options possibles ou retenues pour l'aménagement. Pour être économiquement efficace, le projet doit produire les bénéfices nets les plus grands à partir des ressources engagées pour sa mise en œuvre. La répartition de la rente économique sera quant à elle fonction des choix politiques retenus et de l'acceptabilité sociale de l'aménagement.

Les attendus d'une immersion de récifs diffèrent selon qu'il s'agisse d'un récif dédié à une activité marchande (plongée) et/ou extractive (pêche) ou à vocation environnementale. Les incidences de ces aménagements sont multiples ; ils peuvent par exemple contribuer à la modification des pratiques ou des stratégies d'usage, à la résolution de conflits, etc. L'évaluation peut donc être plus délicate à réaliser, notamment en termes monétaires, lorsque les effets non-marchands sont importants ou quand les coûts ou les bénéfices sont difficilement identifiables. Mais l'évaluation, qui s'appuiera sur d'autres critères ou indicateurs, en particulier sociaux, reste indispensable, ne serait-ce que pour optimiser la nature et le dimensionnement des projets.

### *8.2.3. Mise en place et contrôle d'un plan de gestion*

Le suivi et l'évaluation du projet après l'immersion des récifs impliquent la coresponsabilité de l'ensemble des acteurs (porteur de projet, usagers, administrations, scientifiques, etc.). Il y a donc nécessité de constituer une « cellule de pilotage » qui soit à même d'intervenir sur l'ensemble des processus mis en jeu (naturels, anthropiques, décisionnels, ...). Pour un aménagement destiné à soutenir une activité de pêche artisanale, elle doit être en mesure de suivre finement la production des flottilles travaillant sur la zone aménagée et la zone d'influence du récif artificiel. Il convient également d'accompagner les professionnels vers une modification de leurs pratiques de pêche (engins, sélectivité) et du mode de gestion halieutique des zones aménagées (zones de réserves, jachères, cantonnement, etc.), collecter la donnée statistique à une échelle pertinente au regard des aménagements. La mise en place des récifs est une opportunité pour inciter les professionnels, premiers bénéficiaires de l'aménagement, à la consolidation et à l'optimisation du réseau d'acquisition de données, notamment par une meilleure précision sur la définition des zones de pêche. L'immersion de récifs artificiels peut être l'occasion de tirer bénéfice du flux d'informations issues de la pêche professionnelle et réglementairement institué par le décret<sup>23</sup> sur la mise en marché des produits et les informations statistiques qui s'y rapportent.

## **9/ La réflexion sur les récifs artificiels est-elle à un tournant ? Les récifs plates-formes expérimentales ?**

D'une manière générale (à l'exception du Japon), la recherche avance moins vite que le développement de ces aménagements. Aux Etats-Unis, alors que la construction de récifs pour la pêche récréative et la plongée est largement soutenue et financée, l'aide à la création de récifs à vocation non extractive pour la conservation et la restauration des ressources et des habitats, l'éducation et la recherche est pratiquement inexistante. Les

---

<sup>23</sup> Décret n° 89-273 du 26 avril 1989.

réponses aux questions posées et les progrès attendus dans le domaine du fonctionnement des récifs artificiels sont conditionnés par des changements fondamentaux dans la façon de conduire les recherches (Bortone, 2006).

En France, c'est généralement à l'instigation des professionnels de la pêche que la mise en place des récifs artificiels s'est faite. Jusqu'à présent, à de très rares exceptions près, elle n'a été accompagnée d'aucun changement de stratégie de gestion ou de pratiques de pêches (si ce n'est parfois une exclusion physique partielle de la zone aménagée). Il en va de même pour le contrôle et le mode de collecte et de gestion des données afférentes aux usages pratiqués. Par ailleurs, la variété des situations, des motivations, des objectifs, des porteurs de projet, des acteurs concernés ainsi que la diversité des contextes culturels et réglementaires ont longtemps été un handicap à la standardisation des protocoles de suivi et d'évaluation comme à la mutualisation des résultats et enseignements ainsi générés. Au final, même dans des régions disposant d'un recul de plusieurs décennies d'expérimentation, très peu d'informations sont aujourd'hui disponibles sur l'impact réel de ces opérations, souvent réalisées indépendamment les unes des autres.

Cependant, depuis quelques années, à l'échelle nationale et internationale, on peut considérer qu'une mutation est amorcée, tant sur la nature des suivis expérimentaux qui s'attachent de plus en plus à décrire la fonctionnalité des aménagements, que sur les efforts de mutualisation des enseignements tirés des premières études intégrées<sup>24</sup>. Cette tendance est doublée d'une réelle prise de conscience de la nécessité de mettre en place de mesures de gestion et d'accompagnement des usages.

En France, les textes qui régissent l'autorisation d'immersion prévoient l'évaluation des effets du projet sur l'environnement et l'obtention de subventions européennes est conditionnée à un suivi minimum de cinq ans. Au-delà des contraintes réglementaires, il est aujourd'hui reconnu que le suivi et l'évaluation des résultats et impacts potentiels doivent être intégrés à toute expérimentation.

La réflexion actuelle (Schéma Régional de Gestion des Récifs Artificiels) conduite par le CEPRALMAR (Centre d'Etude et de Promotion des Activités Lagunaires et MARitimes) pour le Languedoc Roussillon, région à la fois pionnière et leader sur le plan des réalisations, illustre bien cette inflexion vers une meilleure définition et cohérence des objectifs, une gestion concertée des récifs artificiels (Heyraud, 2007) et la nécessité de suivis scientifiques plus rigoureux (Ducloy, 2006).

Par le passé, l'Ifremer a pu être taxé de frilosité sur ce dossier. La rumeur veut même que la conclusion d'un rapport traitant de l'évaluation de l'impact d'un récif en Languedoc Roussillon (Duclerc et Bertrand, 1993) soit à l'origine de l'inertie, voire de l'immobilisme reprochés aux administrations face aux demandes multiples d'autorisations d'aménagements par des récifs artificiels en Méditerranée au cours des années 90. L'analyse objective de l'expérimentation que l'Institut avait conduite à l'époque se limitait pourtant aux trois constats suivants :

- la difficulté à démontrer un effet positif sur la pêche compte tenu de la variabilité naturelle de la ressource et du problème d'échelle posé,
- la nécessité de recueillir une information précise sur une longue période avant et après immersion,

---

<sup>24</sup> Voir par exemple les différentes études conduites sur le benthos autour de l'expérimentation du Loch Linnhe sur la côte ouest de l'Ecosse (Wilding, 2006).

- la nécessité d'accompagner le projet de mesures de gestion pour la pêche locale.

On peut penser que les conditions de réalisation et d'encadrement qui prévalaient à l'époque ne permettaient pas à l'IFREMER de prolonger ses investigations, à l'instar de l'IPIMAR, par un projet innovant dont il aurait été assuré de la maîtrise de chaque étape. Aujourd'hui, la reconnaissance de la nécessité d'un suivi, les opportunités nouvelles d'expérimentation en milieu plus contrôlé (aires marines protégées, environnement industriel propres aux énergies renouvelables en mer) ainsi que les progrès technologiques enregistrés permettent d'imaginer un investissement dans certains domaines.

Si l'encadrement de la pêcherie est une condition *sine qua non* de l'obtention de l'objectif d'accroissement de production, la méconnaissance des captures et des sites de pêche à une échelle suffisamment fine reste un handicap rédhibitoire pour évaluer la plus value biologique et économique qui en découle. L'Ifremer pourrait apporter son concours à la définition d'un protocole dérivé du Système d'Informations Halieutiques (SIH) pour restituer, à une échelle cohérente avec la dimension de l'aménagement, des estimateurs d'activités et de production pour les flottilles concernées.

Par ailleurs, la perspective de mise en place d'aires marines protégées élargit les opportunités d'investissement dans ce domaine en offrant la possibilité travailler dans et hors zones contrôlées, favorisant ainsi l'étude du fonctionnement de ces aménagements, la définition de stations de référence non impactées et de ce fait l'appréhension de la variabilité naturelle de la ressource biologique.

Le secteur des énergies renouvelables en mer peut offrir des perspectives de recherches expérimentales du même ordre selon le degré de restriction d'usage qui sera apporté aux différents sites d'exploitation. Ce contexte industriel devrait en outre apporter un support logistique et un environnement expérimental renforcés.

Enfin, l'apport des nouvelles technologies d'investigation sous-marine notamment acoustiques, la prise d'images automatisée et l'utilisation de nouvelles méthodes et outils (génétique, marquages, isotopes, ...) devraient permettre d'élargir le champ spatial de recherches pour mieux appréhender le comportement des espèces face à l'aménagement et l'incidence de ce dernier sur les écosystèmes.

## 10/ Conclusion

L'utilisation des récifs artificiels montre des différences régionales et nationales marquées reflétant ainsi leur large spectre d'applications dans le domaine social et réglementaire (Jensen, 2002). Il semble admis qu'ils peuvent être, pour certaines espèces, un des moyens complémentaires de gestion des pêcheries, au même titre que le repeuplement ou les aires marines protégées (AMP). Les récifs artificiels peuvent en outre venir en soutien de la législation anti-chalutage et/ou de la protection des habitats, contribuer au développement d'activités de pêches récréatives, de plongée sous-marine ou de loisirs nautiques. Ils sont enfin parfois associés à des problématiques d'aménagement industriel (plates formes d'extraction de gaz ou de pétrole, production d'énergies renouvelables en mer, fermes aquacole) ou à vocation patrimoniale (aires marines protégées, restauration de milieux dégradés).

Pourtant, la mise en évidence d'impacts positifs ou négatifs sur la faune reste rare et souvent partielle. Les bénéfices les plus manifestes concernent les effets positifs sur le développement économique d'activités de loisir et de pêche récréative, notamment aux Etats-Unis et en Australie.

L'efficacité d'un récif artificiel sera fonction des choix techniques arrêtés au regard des

spécificités du site d'implantation et des caractéristiques des espèces ciblées. Cependant, il est clairement établi que les projets limités à la seule introduction de récifs artificiels sont insuffisants pour améliorer une situation dégradée résultant d'une diminution de la ressource halieutique par surpêche et/ou d'une altération de l'écosystème. Il convient donc de souligner l'importance du diagnostic préalable porté sur la situation à corriger pour mettre en place des mesures d'encadrement des usages concernés. Elles seront destinées à remédier aux principales causes de dégradation du milieu et à éviter la surpêche dans les cas les plus extrêmes, maximisant ainsi les effets bénéfiques escomptés. Enfin, il est important d'adopter des mesures destinées à réduire les risques d'éventuels impacts indésirables inhérents à toute modification du milieu.

Les récifs artificiels sont donc le lieu de processus qu'il convient de mieux comprendre. Bohnsasch<sup>25</sup> fait le constat d'un réel fossé séparant la demande et la perception du public de la compréhension scientifique du fonctionnement des récifs. La recherche en ce domaine en est encore à ses débuts, contrainte par un déficit de connaissances sur le fonctionnement des écosystèmes, la variabilité naturelle de la ressource biologique, la difficulté à définir des échelles pertinentes d'étude, le coût et la complexité de mise en œuvre des moyens d'investigation en mer. Enfin, l'incidence des taux d'exploitation sur l'état des stocks halieutiques et leur impact éventuel sur les écosystèmes doivent être intégrés aux processus d'évaluation.

Longtemps il n'y a pas eu de suivi post-immersion et le financement des projets se limitait à couvrir les phases d'études préalables, de conception, de fabrication et de mise à l'eau des récifs. Aujourd'hui un suivi minimum de cinq années est imposé mais le champ d'investigation des suivis expérimentaux reste très ouvert, notamment dans les domaines de la biologie et du comportement de nombreuses espèces pour lesquelles les connaissances restent éparses et incomplètes. La mutualisation des enseignements tirés des expériences les plus probantes et les progrès méthodologiques techniques enregistrés ces dernières années dans la réalisation d'outils d'analyse et d'observation pourraient permettre, à moyen terme, de statuer sur l'efficacité des récifs artificiels en tant qu'outil de gestion de la ressource halieutique.

## 11/ Stratégie Ifremer

L'Ifremer est régulièrement l'objet de sollicitations touchant aux récifs artificiels. Actuellement, la demande s'élargit consécutivement à la diversification des objectifs et au rattachement de ce dossier à des problématiques émergentes comme les aires marines protégées, les énergies renouvelables en mer, le génie écologique (ouvrages portuaires et de défense du littoral mieux intégrés).

La réflexion sur les récifs artificiels conduite à l'Ifremer s'appuie sur les compétences présentes au sein de l'institut dans les différentes disciplines concernées par ce type d'aménagement. Elle est par ailleurs alimentée par une veille bibliographique et une participation régulière à différentes manifestations scientifiques nationales ou internationales. La fréquence des sollicitations et la perspective du prochain contrat quadriennal incite à consolider un mode d'organisation qui doit permettre à l'Ifremer de ne pas être absent de cet aspect de l'aménagement de la bande côtière, d'accompagner les projets les plus conséquents et éventuellement de s'impliquer directement dans ses domaines de plus forte compétence. Au vu du large spectre des disciplines requises et de la diversité de rattachement thématique des experts dont il faudra mobiliser les compétences, cette structure ne peut être que transversale. Elle aura pour mission de :

---

<sup>25</sup> Jim Bohnsack, *in* « Artificial reefs : Paradise found or lost ? » Opening remarks of the 8<sup>th</sup> International Conference on Artificial Reefs and Artificial Habitats. Biloxi, april 10<sup>th</sup> – 14<sup>th</sup>, 2005.

1. Valoriser et mettre à disposition les connaissances acquises via un site Web qui propose une information scientifique actualisée, objective, indépendante et approfondie s'appuyant sur les évaluations récentes à l'échelle nationale et internationale. Cette valorisation accrue des travaux scientifiques s'appuiera sur une mutualisation des connaissances permettant au consultant de mieux appréhender les résultats scientifiques en la matière. Elle aura pour objectif d'optimiser l'aide à la décision et de faciliter les choix de gestion des porteurs de projets et des administrations. Elle doit aussi participer à la consolidation des liens entre les différents acteurs impliqués dans ce domaine.
2. Rassembler, structurer et rationaliser la demande pour l'analyser et la traiter au regard des missions et des priorités de l'Institut. Le cas échéant, elle sera réorientée vers d'autres structures locales ou régionales plus directement concernées : bureaux d'études, centres techniques ou « agences de développement ».
3. Coordonner les avis et les expertises pour éclairer des décisions portant sur des projets d'aménagement ayant chacun ses justifications propres. Ce travail, cadré par la « Charte de l'Avis et de l'Expertise à l'Ifremer », diffère selon la nature de la demande (mission de service public, prestation ...) et la qualité du demandeur (service de l'Etat, comité de suivi, bureau d'études, ...). Le diagnostic porte généralement sur :
  - la prise en considération de la situation à améliorer, des caractéristiques et spécificités de l'écosystème considéré,
  - les questions liées à l'incidence de l'aménagement sur la biodiversité locale, les préconisations et recommandations pour minimiser les risques en matière d'effets indésirables,
  - la gestion des interactions entre usages pré et post-immersion en fonction des objectifs, des acteurs et des bénéficiaires du projet.

Le traitement de la demande extérieure et la démarche avis-expertise s'appuiera sur les laboratoires de façade, à l'image de la gestion des dossiers touchant aux activités industrielles comme les extractions de matériaux marins, les énergies renouvelables en mer ou aux processus de protection des écosystèmes côtiers (aires marines protégées).

4. Animer une réflexion prospective sur la base d'une identification des manques et des priorités en matière d'études et de recherches. Apprécier dans quelles conditions l'Institut peut, dans la limite de ses compétences, proposer des contributions techniques propres à faire avancer la réflexion sur l'identification des écosystèmes côtiers, l'écologie des espèces, la caractérisation des usages voire les aspects techniques propres à ces aménagements et à l'évaluation de leur efficacité.

## Références :

- Bortone S.A. 2006. A perspective of artificial reef research: the past, present, and future. *Bul Mar Sci* 78: 1-8.
- Boujea J. 2002. La colonisation par les poissons et les invertébrés benthiques des récifs artificiels du golfe d'Aigues-Mortes après 2 ans d'immersion. 52 p.
- Charbonnel E. 2007. Les récifs artificiels au secours des poissons. Eléments de synthèse et de réflexion sur les récifs artificiels. Site Internet FUTURA SCIENCE, juillet 2007. 21 p.
- Duclerc J., Bertrand J. 1993. Variabilité spatiale et temporelle d'une pêcherie au filet dans le golfe du Lion. Essai d'évaluation de l'impact d'un récif artificiel. Ifremer RI-DRV-93/RH Sète. 42 p.
- Ducloy P. 2006. Bilan halieutique des immersions de récifs artificiels en Languedoc-Roussillon, perspectives et propositions d'action. Mémoire DAA/SSHA. Agrocampus Rennes/CEPRALMAR. 92 p.
- Garcia S. 1990. Artificial reefs and fish aggregating devices in southeast asian fisheries : management issues. Symposium on artificial reefs and fish aggregating devices as tools for the management and enhancement of marine fisheries resources. Colombo, Sri Lanka, 14-17 may 1990. 11 p.
- Heyraud V. 2007. Les acteurs des récifs artificiels en Languedoc-Roussillon, proposition d'une structuration dans une perspective de gestion intégrée des zones côtières. Mémoire Master « Gestion des littoraux et des mers ». Universités Montpellier I,II,III. 152 p.
- IFREMER. 2000. Rapport final du groupe de réflexion sur les aménagements physiques en zone côtière et leur gestion pour la pêche et l'aquaculture. Coordinateur D. Lacroix. DRV/RA/ST/2000. 140 p. + annexes.
- Jensen A. 2002. Artificial reefs of Europe: perspective and future. *ICES J. mar. Sci* 59 : 3-13.
- Langlois T.J., Ballantine W.J. 2005. Marine ecological research in New Zealand : developing predictive models through the study of no-take marine reserves. *Cons Biol* 19: 1763-1770
- Pioch S. 2004. Bilan des immersions de récifs artificiels en Languedoc-Roussillon. Mémoire de Master « activités et aménagements littoraux et maritimes ». 85 p. + annexes.
- Pioch S. 2007. Les Récifs Artificiels et le Repeuplement au Japon. BCEOM – Université Montpellier 3 – IFREMER. 133 p.
- Santos M.N., Monteiro C.C. 1997. The Olhão artificial reef system (South Portugal): Fish assemblages and fishing yield. *Fish Res* 30: 33-41.
- Seaman W. 2007. Artificial habitats and restauration of degraded marine ecosystems and fisheries. *Hydrobiologia* 580: 143-155.
- Thébaud O. 2001. Note sur l'évaluation économique des politiques publiques d'aménagement du littoral. Ifremer, Service d'Economie Maritime. 8 p.
- Villareal T.A., Hanson S., and Qualia S. 2005. Oil production rigs, artificial reefs and ciguatera in the northwestern gulf of Mexico. In Abstracts of the 8<sup>th</sup> International CARAH. Biloxi,MS, april 11<sup>th</sup>-14<sup>th</sup>, 2005. p. 76.

Watanuki N., Gonzales B.J. 2006. The potential of artificial reefs as fisheries management tools in developing countries. *Bull Mar Sci* 78: 9-19.

Wilding T.A. 2006. The benthic impacts of the Loch Linnhe artificial reef. *Hydrobiologia* 555: 345-353.

Willmann R. 1990. Economic and social aspects of artificial reefs and fish aggregating devices. Symposium on artificial reefs and fish aggregating devices as tools for the management and enhancement of marine fisheries resources. Colombo, Sri Lanka, 14-17 may 1990. pp 384-391.