



DEPARTEMENT DE LA REUNION

COMMUNE DE SAINT-LEU

MAITRE D'OUVRAGE



Extension du port de Saint-Leu

AVANT-PROJET

Notice technique Annexe N°2
Étude préliminaire
pour l'éco-conception portuaire



GROUPEMENT DE MAITRISE D'OEUVRE

Mandataire : 

DIRECTION OCEAN INDIEN
ANCIENNE USINE DE LA MARE
BAT. A - 1er ETAGE - N°6
7, RUE ANDRE LARDY
97438 SAINT-MARIE
Tél : 02 62 20 34 75
Fax : 02 62 41 82 77
e.mail : launion.egis-reunion@egis.fr

Cotraitants :



MODIFICATIONS	INDICES	DATE	OBSERVATIONS	Emetteur / Réf.interne	Réalisé par :	Vérfié par :
	0	16.04.2010				Ph.S

Eco-conception du port de Saint-Leu



Eco-conception
PORTUAIRE

Phase Avant-Projet

Etude préliminaire pour l'intégration
écologique des ouvrages portuaires



MGC 96202L

AVRIL 2010

TABLE DES MATIERES

1. INTRODUCTION	1
1.1. Contexte et objectifs	1
1.2. Présentation de la méthodologie	2
1.2.1. Principe de fonctionnement	2
1.2.2. Organisation et mise en place des équipements pour juvéniles dans le port de Saint-Leu	2
1.3. Présentation des outils	3
2. HABITATS DE TYPE MANGROVES ARTIFICIELLES	5
2.1. La Mangrove un écosystème remarquable	5
2.1.1. La mangrove dans le monde	5
2.1.2. Et sur l'île ?	6
2.2. Concept de mangrove artificielle pour Juvéniles : « M.A.J. »	6
2.2.1. Présentation de l'outil	7
2.2.2. Organisation et mise en place des MAJ dans le port de Saint-Leu	11
3. MICRO-HABITATS POUR L'ACCUEIL DE JUVENILES CORALLIENS	13
3.1.1. Présentation de l'outil	13
3.1.2. Organisation et mise en place des micro-habitats dans le port de Saint Leu	14
4. BETON ECOLOGIQUE DESTINE A ACCELERER LA COLONISATION DE LA FAUNE ET DE LA FLORE (CORAIL ET ALGUES)	16
4.1.1. Présentation de l'outil	16
4.1.2. Faisabilité et utilisation potentielle dans le port de Saint Leu	17
5. ECO-DIGUE EN ECO-BLOCS POUR JUVENILES RECIFEAUX (LANGOUSTES)	18
5.1.1. Présentation de l'outil	18
5.1.2. Organisation et mise en place dans le port de Saint Leu	20

1. INTRODUCTION

1.1. CONTEXTE ET OBJECTIFS

La commune de Saint Leu souhaite promouvoir les activités professionnelles, ludiques et touristiques liées à la mer par le biais de son port en harmonie avec le milieu naturel riche et fragile qui l'environne.

Dans le cadre de ce projet, la commune s'est engagée à faire de son port, située dans le lagon à l'intérieur de la réserve marine, un **port « écologique »** capable de générer un effet bénéfique sur le milieu biologique marin environnant : **l'éco-conception portuaire**.

Cette stratégie se base sur l'idée novatrice d'utiliser tout ouvrage côtier immergé comme un outil pour préserver la biodiversité et soutenir par là-même le renouvellement des ressources halieutiques marines. Cette nouvelle fonction n'altère en rien la fonctionnalité technique initiale de l'ouvrage qui est par exemple de protéger les biens et personnes dans le cas d'une digue portuaire.

Cette association est possible grâce à une méthodologie spécifique de conception et un catalogue d'habitats artificiels intégrés aux différentes structures portuaires et adaptés à des espèces cibles (intérêt pour la biodiversité et les services rendus à l'écosystème).

Par ailleurs, cette volonté de développement écologique des activités portuaires s'accompagne de la mise en place d'une démarche de type « Port Propre » permettant une gestion maîtrisée des pollutions et déchets induits par l'activité portuaire.

Le projet d'extension du port est à ce titre doublement pilote à la Réunion :

- la démarche port propre n'a jamais été mise en œuvre à la Réunion de manière rigoureuse pour un port de plaisance et de pêche.
- L'éco-conception portuaire n'a jamais été mis en œuvre non plus à la Réunion.

Le présent rapport ne porte que sur l'éco-conception portuaire.

Il est important de noter que la mairie de Saint-Leu s'est déjà investie dans ce domaine : étude de faisabilité d'implantation de récifs artificiels sur le littoral de la commune, mise en œuvre de cavaliers de lestage jouant également le rôle d'habitats artificiels sur le futur émissaire de rejet en mer de la STEP.

Les recommandations de la DIREN formulées au démarrage du projet ont pleinement été prises en compte dans la conception du port.

L'objectif de l'éco-conception est notamment **d'offrir de nouveaux supports pour restaurer la biodiversité marine dans un milieu déjà très modifié** par les activités anthropiques.

1.2. PRESENTATION DE LA METHODOLOGIE

1.2.1. Principe de fonctionnement

L'objectif de l'éco-conception est de concevoir des ouvrages capables **de restaurer et de développer la richesse écologique en mimant les systèmes créés par la nature.**

L'**éco-conception portuaire** a pour objectif d'organiser et d'installer des ouvrages destinés à restaurer et développer les écosystèmes côtiers d'eau calme, naturellement attractifs pour les juvéniles d'espèces souvent cibles de la pêche. Les ports deviennent des outils écologiques performants et intégrés à leur environnement sous marin.

1.2.2. Organisation et mise en place des équipements pour juvéniles dans le port de Saint-Leu

Les sites d'installation optimaux sont les **zones dites de « captage »**. **Les larves sont transparentes et invisibles, lors de leur phase pélagique** c'est-à-dire de transport au grès des courants portées par les flots, puis elles se métamorphosent (elles se colorent) au moment où elles entrent en contact avec un substrat dur (roches, quais en béton, pieux de bois, coraux, algues...).

En général cette métamorphose (après le contact) se poursuit par une descente sur le fond où la phase juvénile débute. Cette phase est benthique et/ou démersale car les juvéniles posés au fond doivent chercher immédiatement un abri pour survivre. Elles passent ainsi par ce **stade juvénile à haut risque car elles sont visibles** pour les prédateurs qui les consomment à hauteur d'environ 95% (taux de mortalité entre larves invisibles et juvéniles visibles, en moyenne).

Les zones les plus intéressantes dans un port sont caractérisées **par des « zones d'arrivées »** exposées aux courants porteurs du large connectées **à des « zones d'installation »** constituées d'eaux calmes (peu ou pas de courant). L'objectif est de croiser ces données écologiques avec des données physiques et chimiques de l'environnement portuaire, notamment 3 types de ZONES A, B et C :

- A. chercher à éloigner ces zones des **sources de pollution** ;
- B. s'approcher des **quais disposés à proximité des graus d'entrée** exposés aux flux de larves ou aux entrées de juvéniles captés par la digue ou le récif corallien tout proche ;
- C. protéger et assurer la croissance des juvéniles dans des zones d'eau calme.

1.3. PRESENTATION DES OUTILS

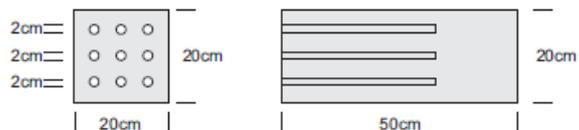
Les outils utilisés sont issus des travaux de recherche et développement menés par Egis eau depuis 5 ans avec des partenariats au sein de laboratoires japonais (TUMSAT, Tokyo) et américains (NOVA SE, Florida) aussi bien qu'avec des industriels à même de réaliser des ouvrages proactifs pour l'environnement :

- **Eco-digue** : diversifier les cavités pour diversifier l'accueil d'espèces ou de stades d'espèces différents

Aménagement de micro-habitats à l'extérieur de la zone portuaire sur l'ouvrage de protection

Les fonds rocheux en eau peu profonde à proximité de la cote sont attractifs pour les poissons juvéniles et adultes. Les enrochements de protection n'offrent qu'un type d'habitat «standard» correspondant au diamètre des cavités inter-blocs, souvent trop important pour protéger les poissons de la prédation. Le but de ce type d'aménagement est de recréer des micro cavités adaptées au développement et à la protection des juvéniles sur l'ouvrage de protection.

Il s'agit de reproduire artificiellement l'habitat naturel des



- - **M.H. : Micro-habitat** pour juvéniles (Egis Eau)



Exemple de maille PEHD



Pochon prêt à recevoir le remplissage



Matériaux servant au remplissage galet Ø5 à 10 cm

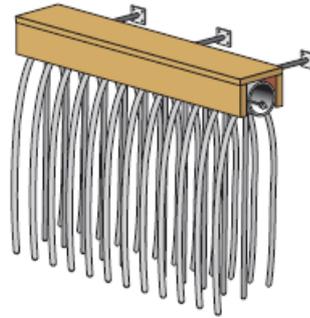


▪ - M.A.J. : Mangroves Artificielles pour Juvéniles (Egis Eau)

Aménagement de micro-habitats pour juvéniles à l'intérieur de la zone portuaire

Les fonds rocheux en eau peu profonde à proximité de la cote sont attractifs pour les poissons juvéniles et adultes. Les enrochements de protection n'offrent qu'un type d'habitat «standard» correspondant au diamètre des cavités inter-blocs, souvent trop important pour protéger les poissons de la prédation. Le but de ce type d'aménagement est de recréer des micro cavités adaptées au développement et à la protection des juvéniles dans l'enceinte portuaire.

Il s'agit de reproduire artificiellement l'habitat naturel de mangrove en reproduisant l'abri créé par les racines de palétuviers.



▪ - Becoq : Eco-béton coquillier (BEC)

Valorisation écologique du port de Saint-Leu : Infrastructures en béton coquillier

Dans les milieux riches en matière organique, le béton biogène (mélange de coquilles concassées et de béton) favorise la fixation et la colonisation d'algues et d'animaux filtreurs (hydres, spongiaires, annélides, mollusques, etc...). Ces espèces jouent le rôle de "bio-filtre" naturel en recyclant la matière organique. Cette dégradation biologique participe, en fonction des surfaces aménagées, à l'amélioration de la qualité des eaux portuaires.

La mise en oeuvre du béton reste classique et ne modifie pas les qualités intrinsèques du béton. Il s'agit d'intégrer dans certaines proportions des produits coquilliers ayant préalablement subi un traitement permettant d'accélérer la colonisation naturelle.

Granulats issus de coquilles concassées



(Modèles et brevets Egis Eau)

2. HABITATS DE TYPE MANGROVES ARTIFICIELLES

La mangrove est un écosystème complexe qui abrite une faune et une flore d'une richesse exceptionnelle (PNUE, 2009). Elle est un des écosystèmes les plus protégés et les plus riches de la planète.

La mangrove est un écosystème qui n'existe pas à la Réunion et employer ce terme peut être considéré comme inapproprié voire abusif. L'absence actuelle de cet écosystème sur l'île n'empêche toutefois en rien le fait qu'il puisse inspirer la conception d'habitats artificiels qui pourront, même à petite échelle, générer un impact bénéfique sur le milieu naturel via les espèces de juvéniles qui s'y abriteront puis repeupleront les fonds coralliens.

2.1. LA MANGROVE UN ECOSYSTEME REMARQUABLE

2.1.1. La mangrove dans le monde

La mangrove est présente en zone subtropicale, et plus particulièrement dans la zone Ouest de l'océan indien de Madagascar aux Mascareignes (cercle vert sur la figure ci-après).



La surface de couverture des mangroves est représentée par les points verts

Son rôle est triple :

- **Rôle environnemental** : Les trois biosystèmes : mangrove, herbier et récifs, sont liés et jouent chacun un rôle dans la protection de l'écosystème.
- **Rôle écologique** : La mangrove abrite de **nombreuses espèces animales** mais les crabes, les mollusques, les crustacés et les poissons sont les plus présents.
- **Rôle économique** : Ces milieux particuliers procurent des ressources importantes (halieutiques) pour les populations vivant sur ces côtes. Les mangroves font partie des écosystèmes les plus productifs en biomasse de notre planète. Dans de nombreux pays, la mangrove est un lieu de récolte et d'utilisation traditionnelle de produits par la population locale.

2.1.2. Et sur l'île ?

A proximité de la Réunion sur l'île Maurice, on trouve des mangroves en zone côtière abritée par une barrière récifale ou dans les zones estuariennes et lagunaires naturelles de Madagascar.

Elle est absente de l'île de la Réunion, du fait d'un récif corallien frangeant peu protecteur pour les côtes (com. pers. Réserve naturelle de la Réunion, 2010). Mais elle a plus vraisemblablement du être détruite par l'homme dans le passé car certaines zones abritées de la partie sous le vent (Le Port à Saint Pierre) lui sont particulièrement propices et reçoivent régulièrement des graines de palétuviers apportées de Maurice après les tempêtes hivernales.

Cette absence actuelle de mangrove, affaiblit la capacité des juvéniles à se développer sur l'île. Le peu de disponibilité en zones abritées renforce cette sensibilité et le faible renouvellement en juvéniles des eaux réunionnaises (Tessier, 2007).

Les ports créent ce type de milieu lagonaire (eaux calmes) adapté aux juvéniles. Mais sans abris adaptés à ces jeunes poissons, les prédateurs, également présents dans ces zones portuaires, entraînent une grande mortalité (Pastor, 2008).

2.2. CONCEPT DE MANGROVE ARTIFICIELLE POUR JUVENILES : « M.A.J. »

Le concept de mangrove artificielle d'Egis Eau nommé MAJ (Mangrove Artificielle pour Juvéniles), a pour objectif principal de créer un site de nurserie naturel pour les juvéniles d'espèces demersales récifales cibles de la pêche (Nagelkerken et Faunce, 2008).

Au stade juvénile, les espèces coralliennes demersales et benthiques ont besoin d'habitats de protection très particuliers :

1. benthiques : micro-cavités dans les récifs pour s'installer à l'abri des attaques de prédateurs ;
2. démersaux et pélagiques : couloirs étroits pour nager à l'abri des attaques de prédateurs.

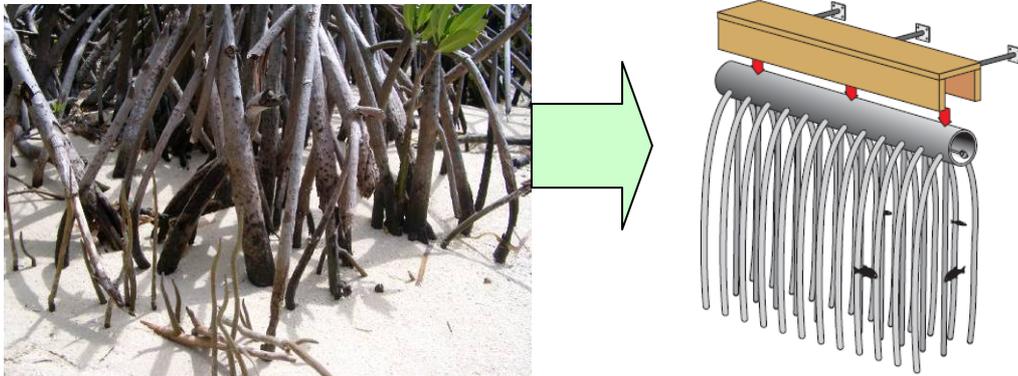
L'appareil racinaire des mangroves offre un abri particulièrement adapté aux besoins des espèces démersales et pélagiques. Leur protection par des dispositifs adaptés, permet un meilleur renouvellement des ressources halieutiques (pêche). L'objectif est de recréer artificiellement des habitats du type MAJ avec un faisceau racinaire artificiel en sub-surface, afin d'offrir un abri adapté aux espèces de juvéniles coralliens (adaptation génétique et comportementale héritée naturelle pour ces habitats disparus à la Réunion).



Figure 1 : Racines de mangrove servant d'abris aux espèces de poissons juvéniles

2.2.1. Présentation de l'outil

Racines en PVC souple de tailles différentes fixées sur une planche suspendue au dessus de l'eau. L'idée est de mimer la nature pour mimer les fonctions nécessaires aux écosystèmes (abris juvéniles).



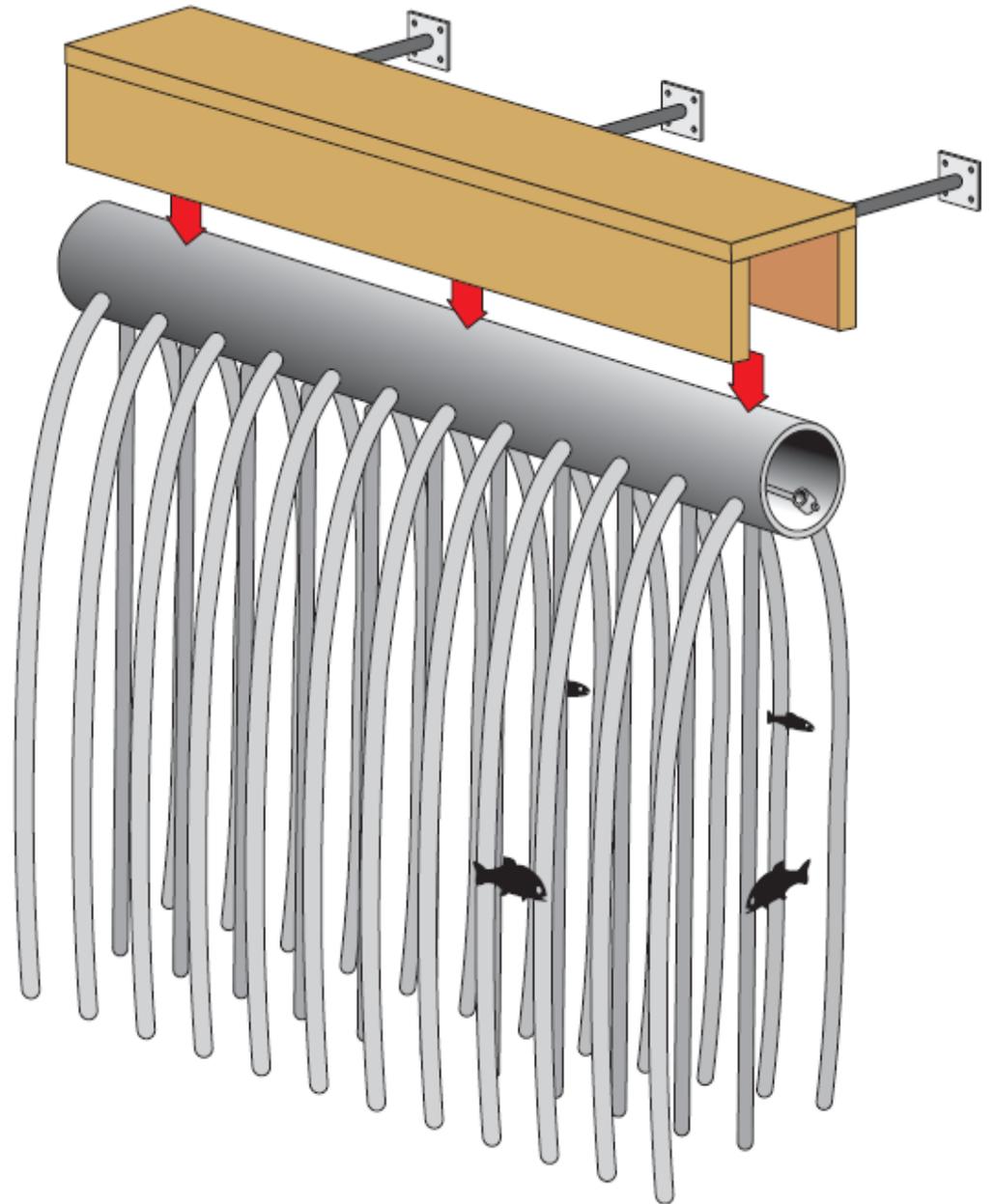


Figure 2 : Emboitement des racines artificielles de deux diamètres (3 cm et 1 cm) mimant les racines naturelles (voir photo) sur un tube d'accueil enchâssé dans un coffrage en bois imputrescible de 1 m de long environ

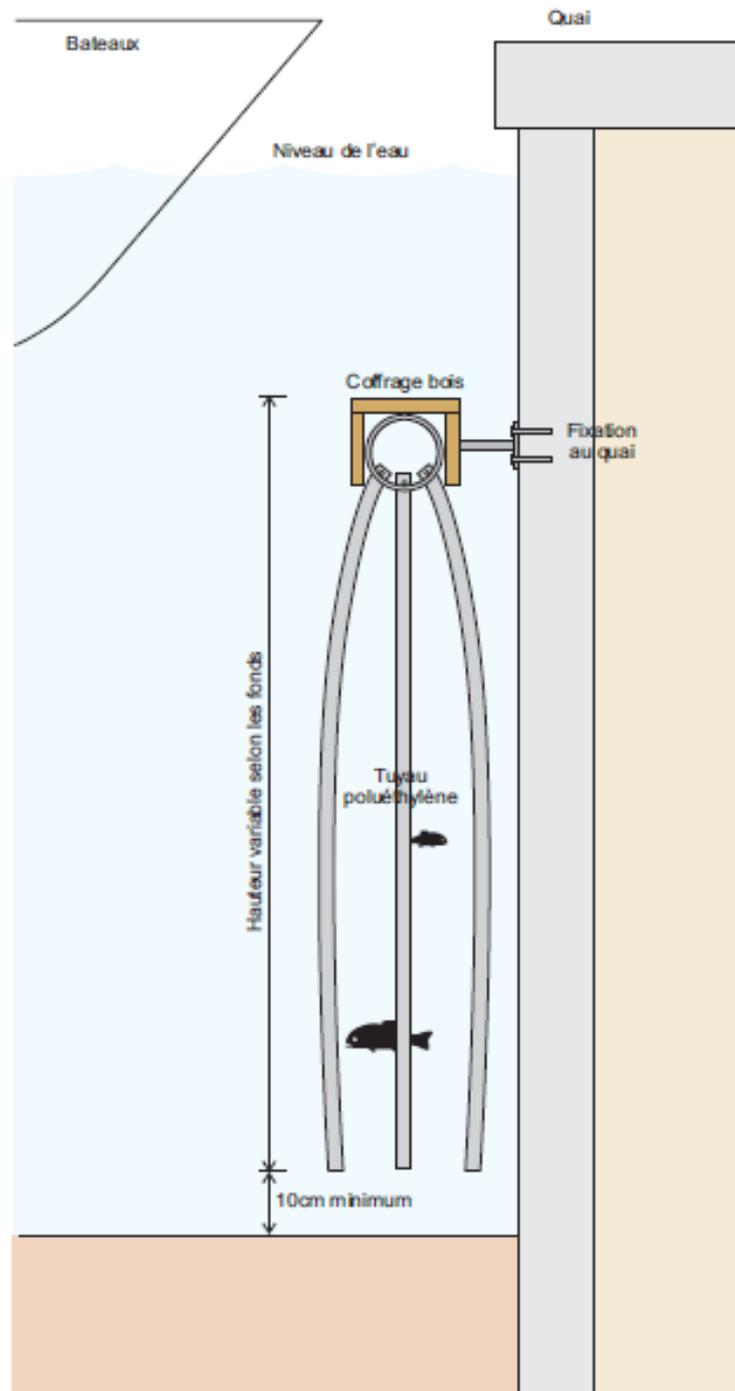


Figure 3 : Fixation sur le quai à une distance de 10 à 30 cm du fond, selon la disposition des fonds et des micro-habitats (voir ci-après). Vue de profil.

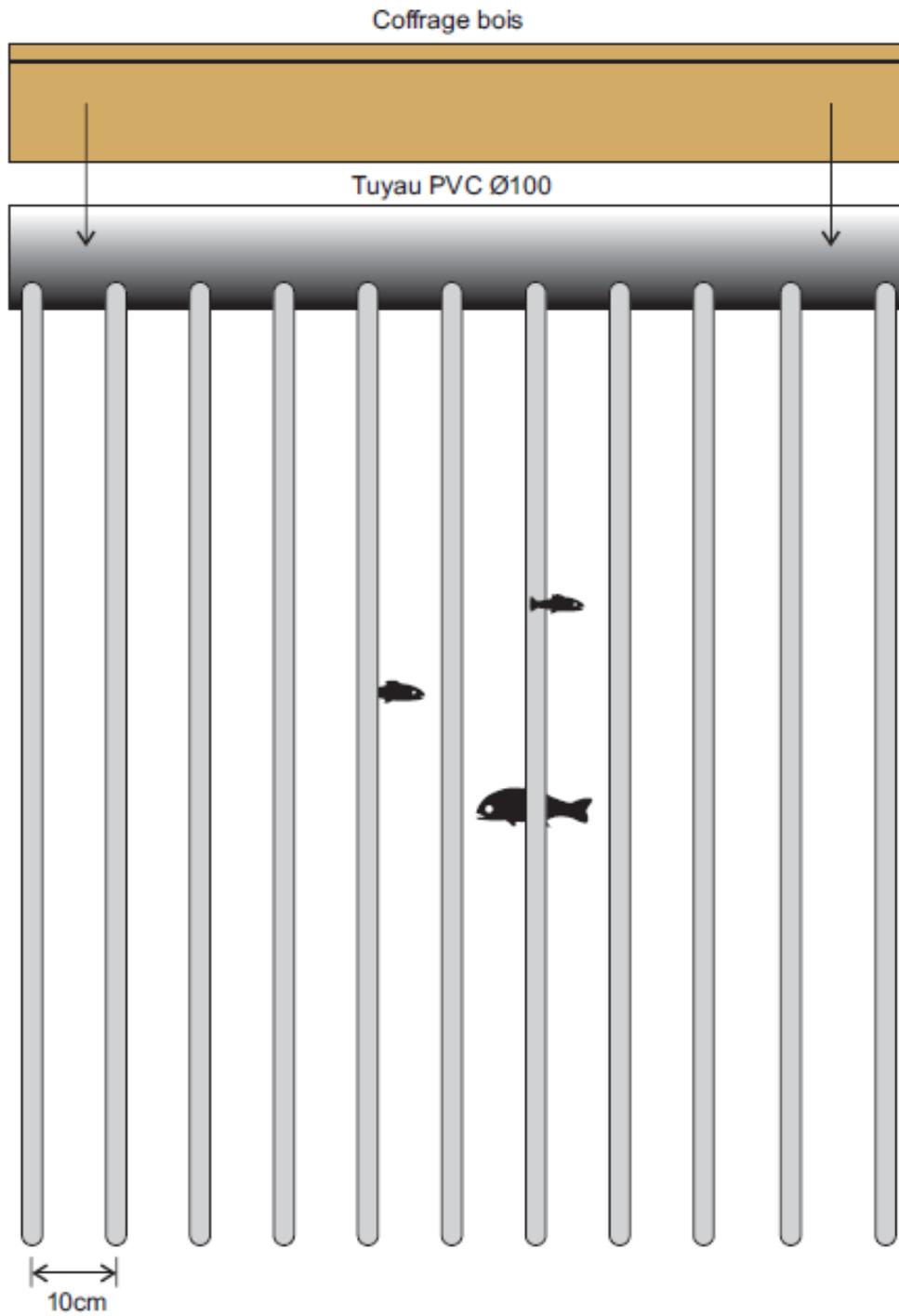


Figure 4 : Vue en élévation de l'habitat type mangrove artificielle

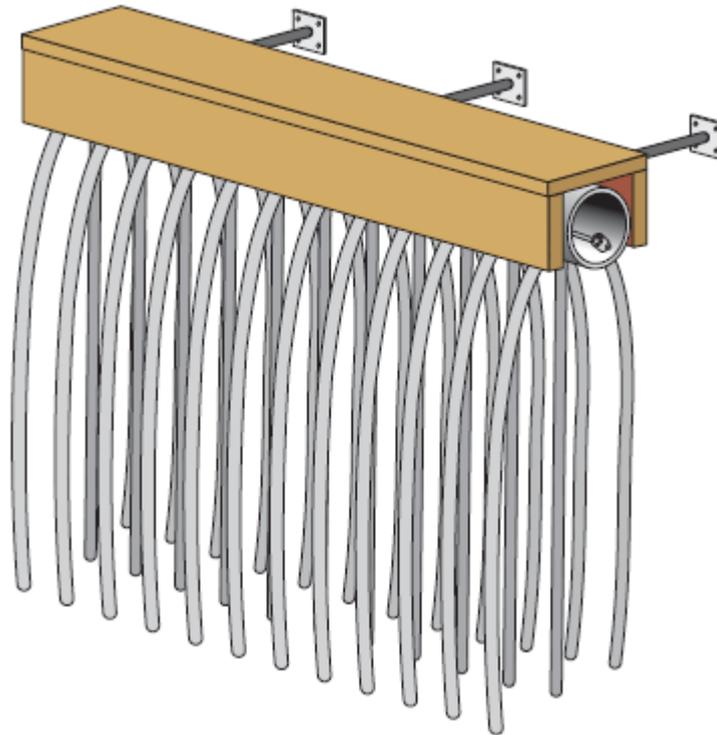


Figure 5 : Le système prêt à être posé dans le port sur les quais principaux

2.2.2. Organisation et mise en place des MAJ dans le port de Saint-Leu

Rappel des objectifs d'installation : les zones les plus intéressantes dans un port sont les « **zones d'arrivées** » exposées aux courants porteurs du large connectées à des « **zones d'installation** » bénéficiant d'eaux calmes (peu ou pas de courant). L'objectif est de croiser ces données écologiques avec des données physiques et chimiques de l'environnement portuaire, notamment 3 types de ZONES A, B et C :

- A. chercher à éloigner ces zones des potentielles **sources de pollution** ;
- B. s'approcher des **quais disposés à proximité des graus d'entrés** (passe d'entrée, dalot pour le renouvellement des eaux) exposés aux flux de larves ou aux entrées de juvéniles captés par la digue ou le récif corallien tout proche ;
- C. protéger et assurer la croissance des juvéniles dans des zones d'eau calme.

Densité de pose :

Dans les zones de captage, les MAJ seront installés en forte densité, dans les zones calmes ils pourront être plus espacés.

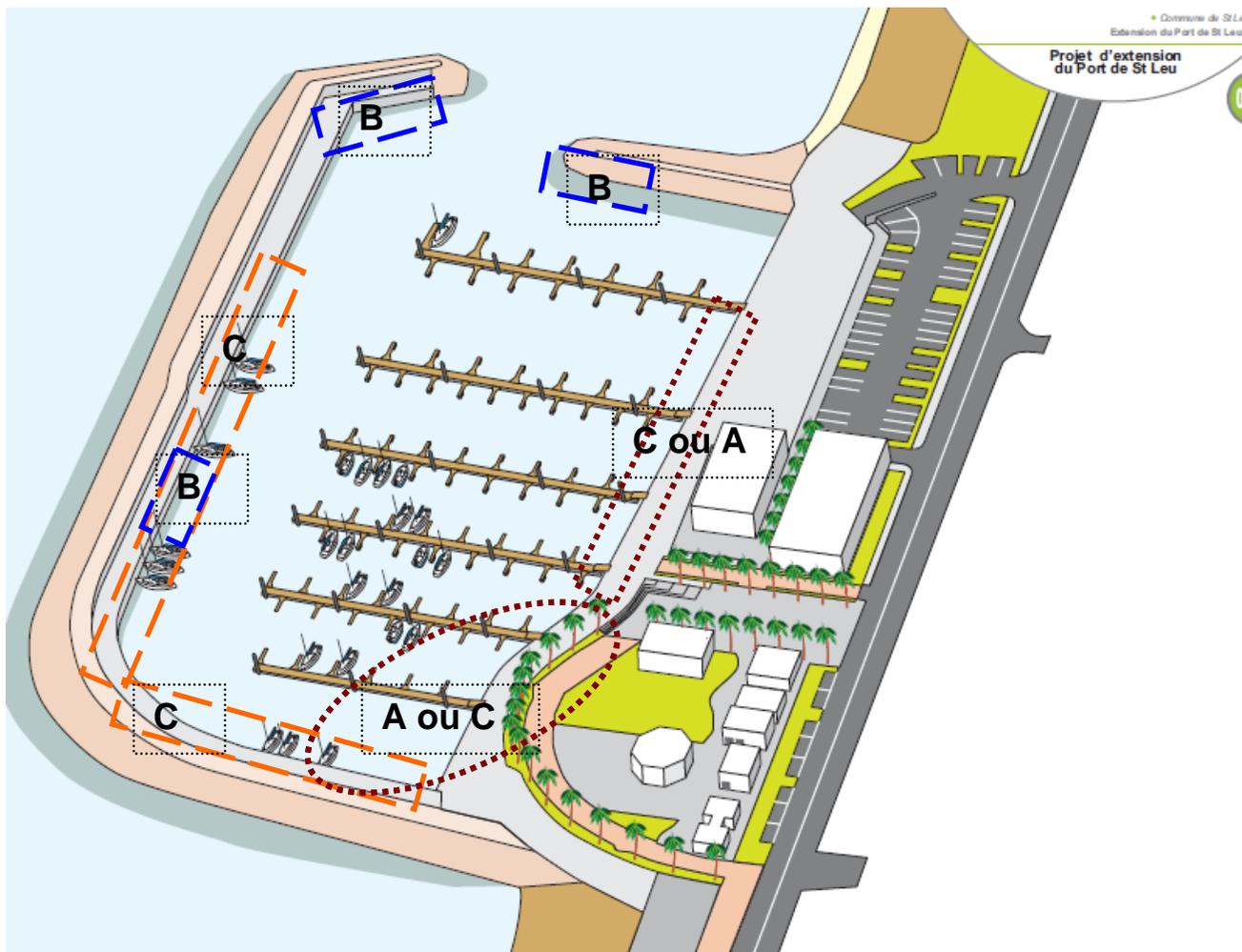


Figure 6 : Zone d'installation des MAJ

3. MICRO-HABITATS POUR L'ACCUEIL DE JUVENILES CORALLIENS

Le concept est basé sur le fait qu'à l'île de la Réunion, en complément de la zone corallienne plus profonde, il n'y a qu'une très faible quantité d'habitats peu profonds abrités (0 à 2 m du type lagon, estuaire, marais salés ou lagunes) pour les juvéniles des espèces benthiques en zones côtières (Tessier, 2007). C'est pourquoi, nous proposons la pose de micro-habitats spécifiquement dédiés à l'accueil de juvéniles en zone calme et abritée (conditions idéales offertes par le port).

3.1.1. Présentation de l'outil

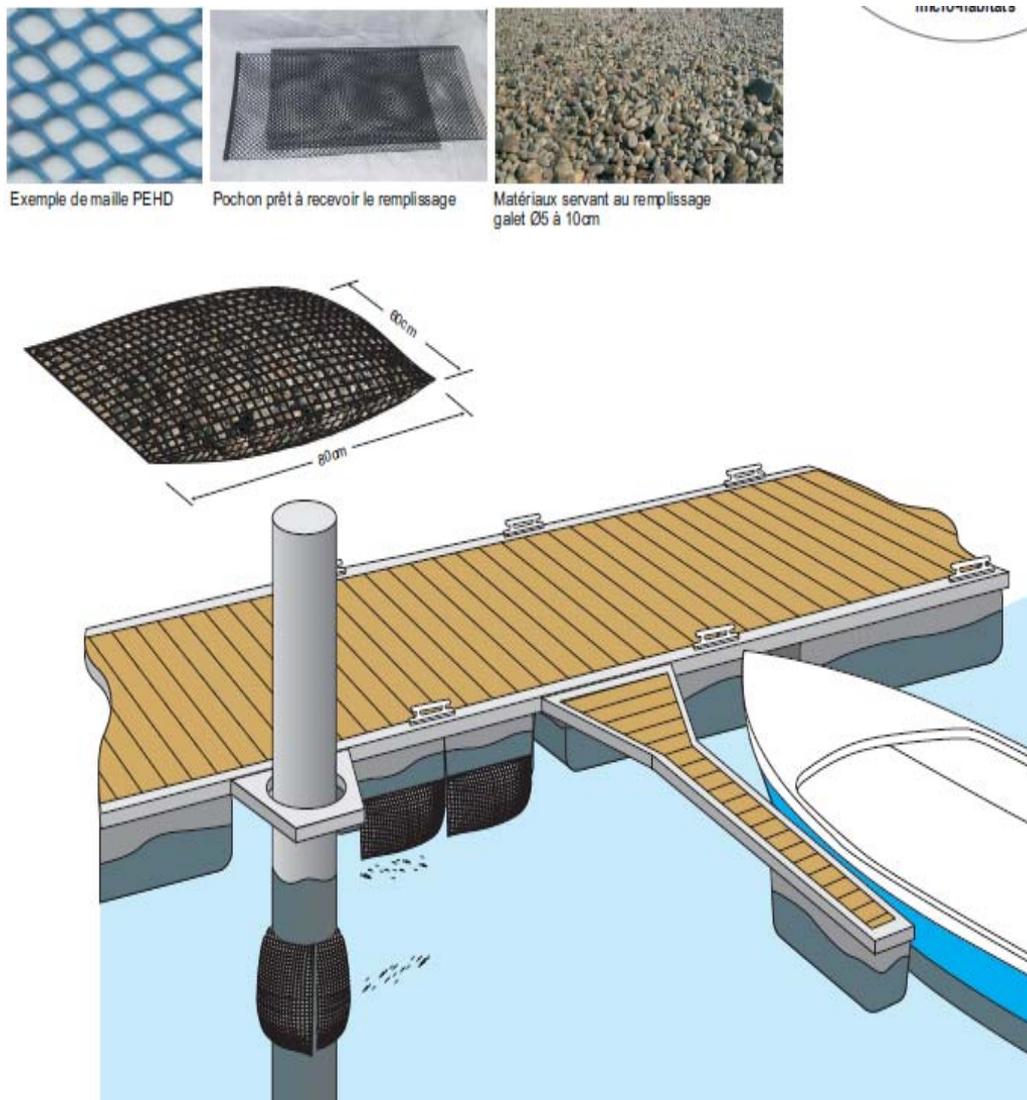


Figure 7 : Micro-habitats pour l'accueil de juvéniles (exemple de fixation sur pieux de guidage et pontons flottants)



Figure 8 : Matériaux de base pour la fabrication des micro-habitats (matériaux utilisés par les pêcheurs professionnels et disponibles à faible coût)

3.1.2. Organisation et mise en place des micro-habitats dans le port de Saint Leu

Les micro-habitats sont implantés en respectant les mêmes principes qu'exposés précédemment (cf. 1.2.2).

Densité de pose :

Dans les zones de captage les micro-habitats seront installés en forte densité, dans les zones calmes ils pourront être plus espacés.

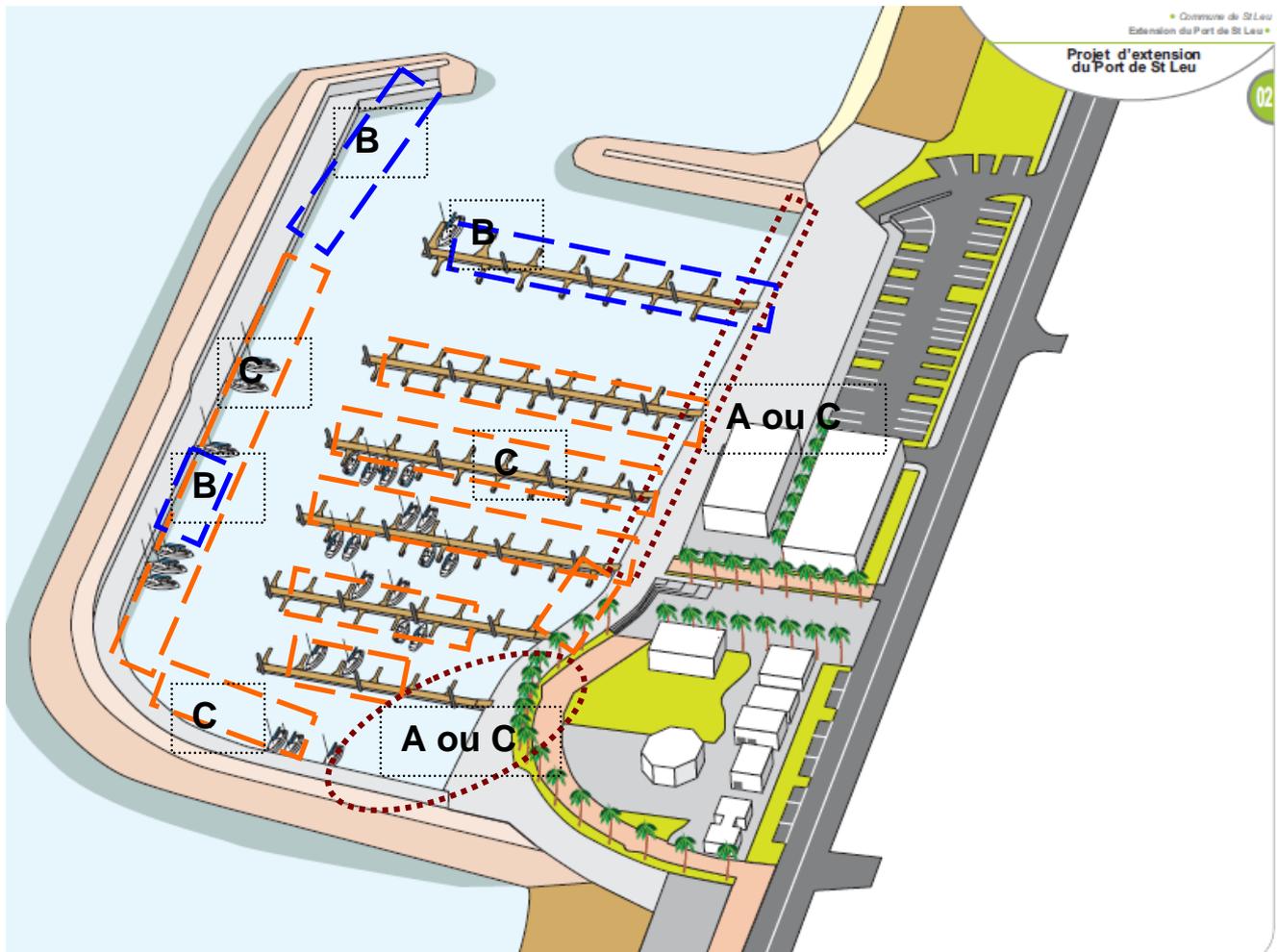


Figure 9 : Zone d'installation des micro-habitats (MH) sur les quais (en complément des MAJ) et sur les pieux et pontons pour l'accueil des juvéniles benthiques.

- A. chercher à éloigner ces zones des **sources de pollution** ;
- B. s'approcher des **quais disposés à proximité des graus d'entrée** exposés aux flux de larves ou aux entrées de juvéniles captés par la digue ou le récif corallien tout proche ;
- C. protéger et assurer la croissance des juvéniles dans des zones d'eau calme.

4. BETON ECOLOGIQUE DESTINE A ACCELERER LA COLONISATION DE LA FAUNE ET DE LA FLORE (CORAIL ET ALGUES)

Le concept est basé sur la capacité du béton coquillier, béton obtenu par ajout aux granulats de coquilles (de coquillage) broyées, de développer la faune et la flore plus rapidement (voir documentation disponible Egis eau et test réalisé ci-après).

Taux d'implantation de la coralline béton coquillier > béton standard (vitesse et surface)

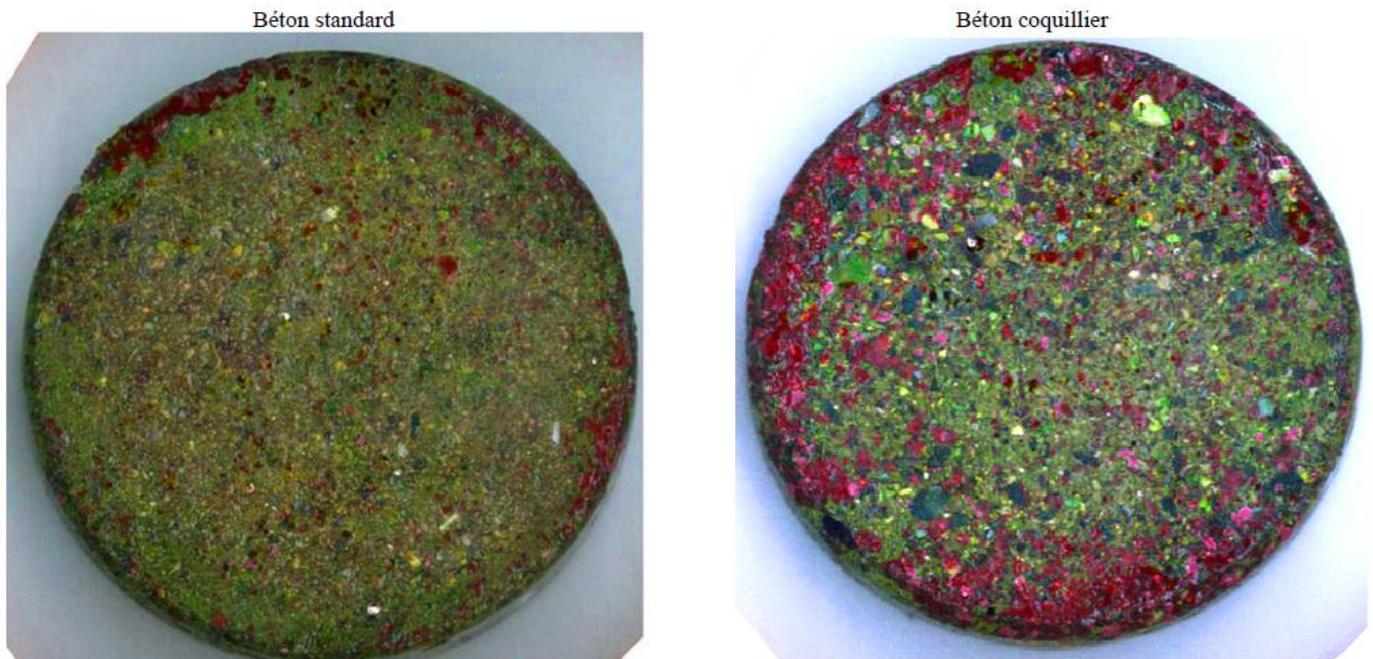


Figure 10 : Résultats d'essais comparatifs Béton standard / béton coquillier

4.1.1. Présentation de l'outil

Le béton coquillier peut être utilisé en béton de structure ou plus simplement en enduit projeté sur les surfaces des ouvrages en béton (quais).



Figure 11 : Illustration des utilisations possibles du Bécoq (Egis Eau).

4.1.2. Faisabilité et utilisation potentielle dans le port de Saint Leu

Ce béton pourrait être utilisé pour la réalisation des parements bétonnés en contact avec le milieu sous-marin (quais en caissons).

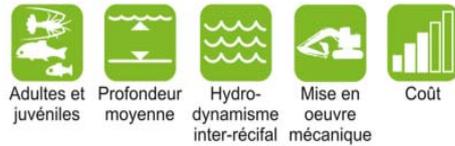
Si un gisement de coquilles utilisable n'est pas identifié à la Réunion, cette option sera abandonnée. Toutefois un traitement sera proposé sur le béton pour le rendre rugueux et favoriser la fixation des espèces.

5. ECO-DIGUE EN ECO-BLOCS POUR JUVENILES RECIFEAUX (LANGOUSTES)

Le concept est basé sur la recherche d'une solution à la faible disponibilité d'habitats sur les fonds côtiers et la faible diversité des cavités offertes par une digue en enrochements classique.

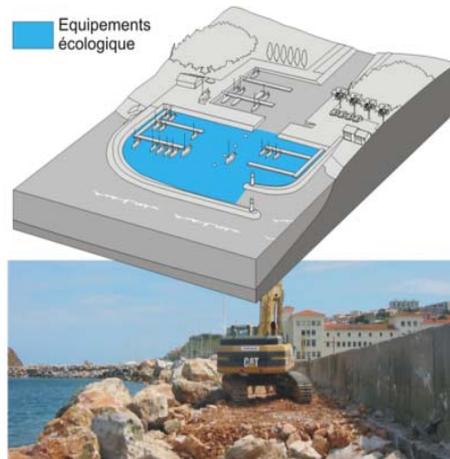
Implantation

Les fonds rocheux en eau peu profonde à proximité de la cote sont attractifs pour les poissons juvéniles et adultes. Les digues de protection recréent partiellement ces conditions. Les éco-blocs améliorent l'attractivité naturelle et s'insèrent dans les ouvrages maritimes de protection en permettant d'adapter les habitats à des espèces cibles.



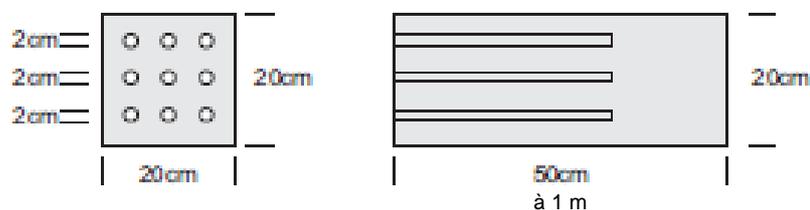
Fonction écologique

Les enrochements de protection n'offrent qu'un type d'habitat «standard» correspondant au diamètre des cavités inter-blocs, souvent trop important pour protéger les poissons de la prédation. Les éco-blocs permettent d'adapter l'habitat à chaque espèce cible et de renforcer la biodiversité.



5.1.1. Présentation de l'outil

Il s'agit de blocs percés de trous adaptés à la taille des juvéniles de poissons récifaux et de langoustes.



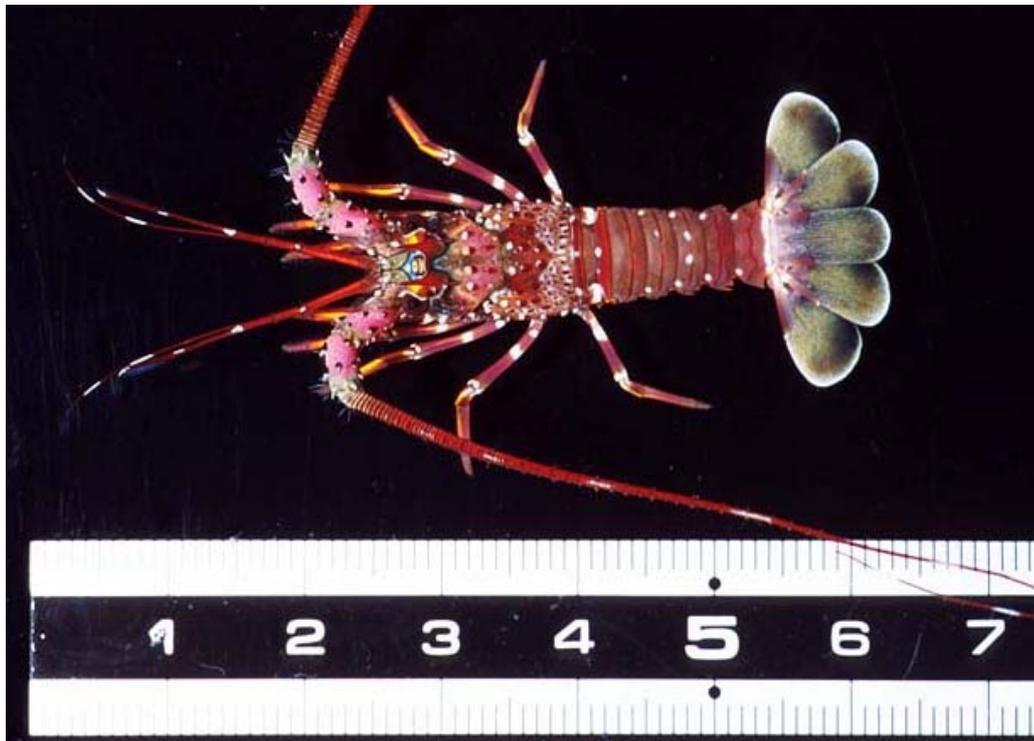


Figure 12 : Juvéniles de langoustes

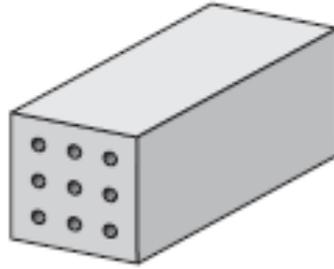


Figure 13 : Neufs trous percés adaptés aux diamètres des céphalothorax de langoustes juvéniles

Ces blocs sont insérés directement dans les digues :

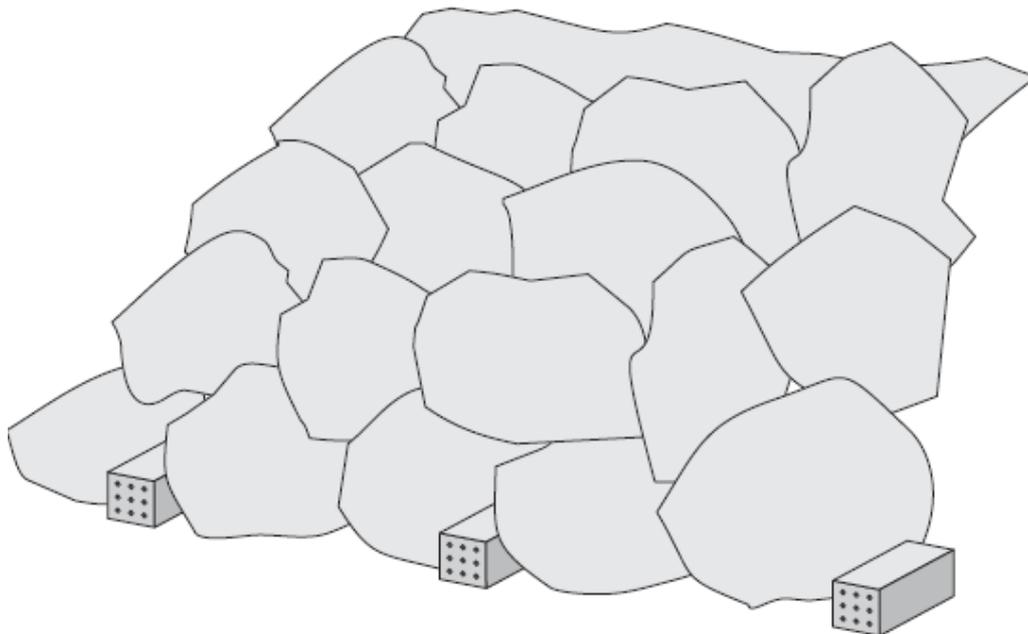


Figure 14 : Insertion des blocs dans la future digue (longueur des blocs de l'ordre d'un mètre pour un calage efficace dans les enrochements)

5.1.2. Organisation et mise en place dans le port de Saint Leu

En insertion dans la future digue et le nouveau musoir (voir plan ci-après).

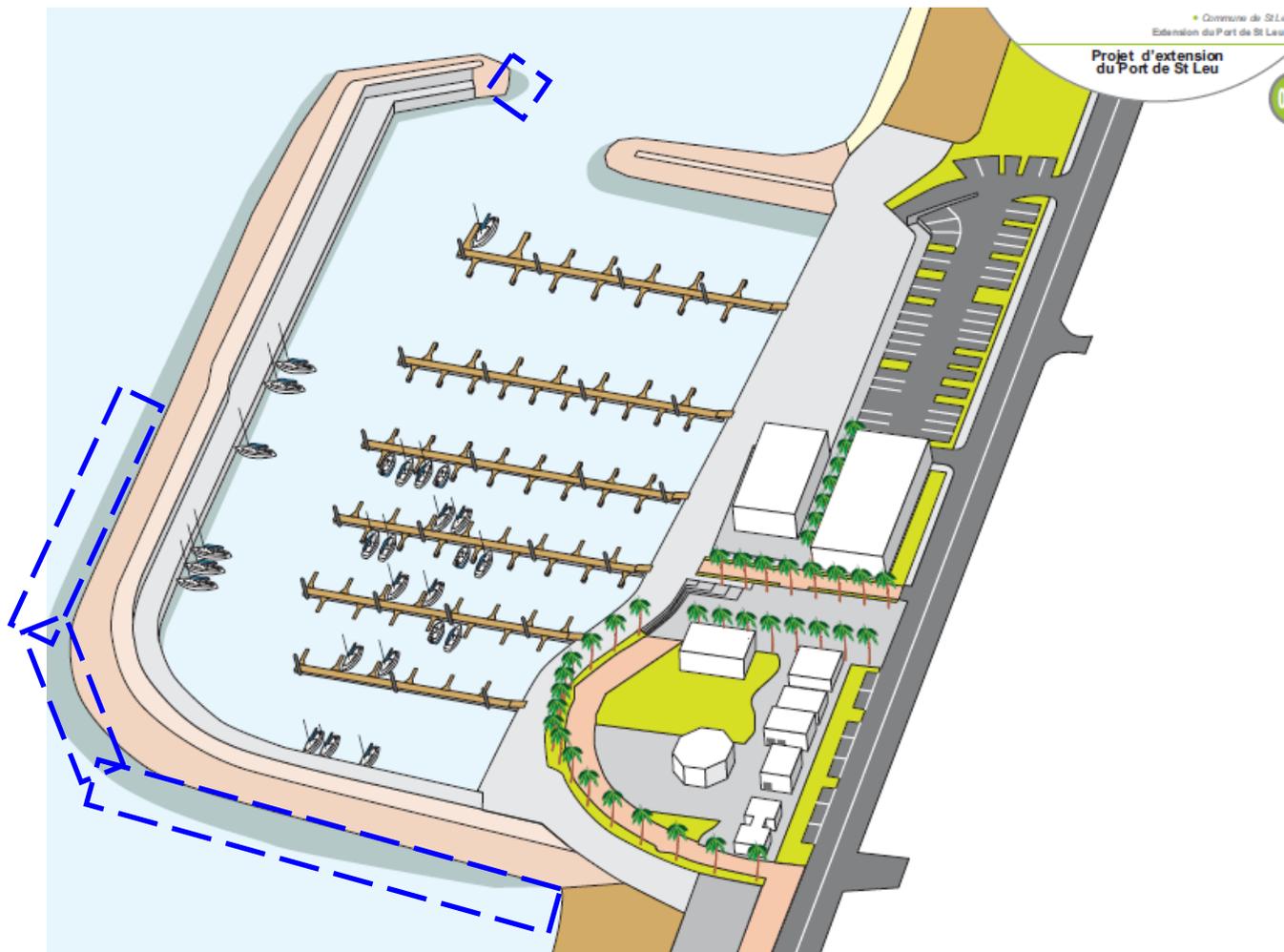


Figure 15 : Zone d'installation des éco-blocs sur les musoirs et épis pour l'accueil des juvéniles (notamment langoustes)