

La méthode électrique

# efferveSciences

*la science dans tous ses états*

**protection  
d'une  
invention**  
miser sur le  
brevet ou sur  
le copyright ?

**foudre  
en boule**



**un plasma  
mystérieux**

**L'Europe attend  
les astéroïdes...  
le pied ferme**

**utiliser les  
jetstreams  
de 600 km/h**



**les éoliennes  
stratosphériques**

Bimestriel - N° 39

sept, oct 2005 2,50 €

L 19123 - 39 - F; 2,50 € - RD



# L'électro-stimulation au secours du corail et des hommes

*L'accrétion minérale par électrolyse de l'eau de mer - un procédé conçu au début des années 1970 - est devenue en 30 ans le meilleur allié des récifs coralliens. Très bon marché, pratique, renouvelable, Biorock essaime ses arches de corail dans toutes les mers du globe. Contre le réchauffement et la montée des eaux.*

Grille, boyau, dôme, sombre-ro ou tour Eiffel... Ce sont les récifs artificiels de troisième génération. Finis les blocs de béton largués au bord du rivage et les carcasses de voitures laissées aux poissons. Place au Biorock. Dorénavant le récif se construit lui-même, par l'accrétion minérale que provoque un courant basse tension au travers d'une ossature métallique arrimée au fond marin. Tel est le principe électrochimique du système. Entre la cathode et l'anode, l'intervention humaine est minimale. On laisse agir. Tant que le courant électrique traverse l'armature, le calcaire s'y dépose naturellement.

Mieux, la composition de cette couche blanchâtre, du carbonate de calcium est quasi identique à celle des

récifs coralliens. La gangue de calcaire que le corail génère au fur et à mesure de sa vie. C'est pourquoi ce processus électrolytique se révèle un incroyable facteur de croissance pour le corail.

Toutes les observations convergent. Dopé par le courant électrique d'un Biorock, le corail prospère. Il reprend des forces, des couleurs. Jusqu'à résister aux agressions de l'environnement. Une première. (cf. encadré : Plus grand, plus beau...)

Symbiose d'une larve, le polype, et de la zooxanthelle, l'algue microscopique qui lui donne ses couleurs, le corail est un organisme très fragile. Au moindre signe de variation de la température de l'eau (1 degré suffit) ou d'une pollution trop sévère, l'association prend fin et le corail meurt.

Il se "blanchit". Car seul reste, vidé de ses occupants, l'environnement calcaire de l'ex-récif corallien. Un squelette, blanc et figé.

Justement. Mis à mal, attaqués un peu partout dans le monde, depuis une dizaine d'années, les zones de blanchiment du corail progressent. Le Global Coral Reef Monitoring Network, basé en Australie, estime que plus d'un quart des récifs coralliens ont déjà disparu. Et qu'un second quart disparaîtra d'ici 20 ans. On comprend mieux l'intérêt des défenseurs du corail pour le procédé Biorock.

## **Biorock & seacretion...**

C'est en 1974 que Wolf Hilbertz, alors professeur d'architecture à l'université du Texas, met au point le procédé "seacre-

tion" : une accrétion calcaire fabriquée par électrolyse de l'eau de mer. Ce qu'il cherche, c'est un moyen de construction écologique, bon marché et très simple à mettre en œuvre. Notamment par les pays en voie de développement. Bambous, argile, glace, fibres naturelles, cultures bactériennes...

De tous les matériaux qu'il évalue, le plus abondant est sans doute le carbonate, disponible en suspension dans les océans. Démonstrations, articles, brevet valide la faisabilité de son idée. Qui en reste là. En 1987, le biologiste marin Thomas Goreau découvre sa technique. Ce diplômé d'astrophysique et docteur en biochimie est également très impliqué dans la protection des récifs coralliens. Le premier biorock est mis à l'eau l'année suivante.





## Plus grand, plus beau, plus fort...

Suite au "blanchiment" massif du corail survenu en 1998 dans l'Océan Indien, asphyxié par le réchauffement des eaux tropicales, seul 5 à 10 % du corail naturel a survécu. Parmi les 5 biorocks implantés en 1996 à l'île d'Ihuru, aux Maldives, le taux de survie a atteint les 60 à 80 %. D'après Goreau et Hilbertz, la croissance corallienne sur un récif est 3 à 4 fois plus rapide que la normale. Là où celui-ci pousse de 1 cm par an, le corail "made in biorock" affiche les 4 ou 5 centimètres supplémentaires. Une poussée de croissance et une résistance accrue qui s'explique. Pour les deux chercheurs,

le métabolisme du corail poussant sur un biorock, débarrassé de son obligation de produire sa propre calcification - une vraie corvée à fabriquer, peut alors consacrer toute son énergie à sa reproduction et ses défenses naturelles. Plus vivace, il se répand à la surface du récif artificiel. Profitant du coup de calcaire apporté par l'électrolyse.



Les concrétions calcaires se mettent à pousser à vue d'œil. Un procédé qui pourrait aider à accélérer les calcs après une fracture osseuse.

Cette hypothèse, l'étude faite en 2003 auprès des biorocks de Kerang Lestari est venue l'étayer. Les

**RÉFÉRENCES :** *Increased coral and fish survival on mineral accretion reef structures in the Maldives after the 1998 Bleaching Event.* Thomas J. Goreau, Wolf Hilbertz, and A. Azzaz A. Hakeem, 2000.

<http://www.globalcoral.org/Increased%20Coral%20and%20Fish%20Survival%20on%20Mineral%20Accretion.htm>

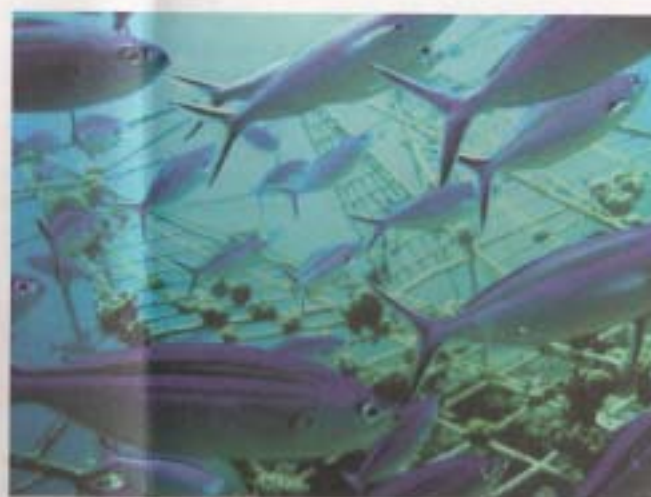
*Increased Zooxanthellae Numbers and Mitotic Index in Electrically Stimulated Corals.* Thomas J. Goreau, James M. Cervino, and Rachael Pollina, *Symbiosis*, 37 (2004)

<http://globalcoral.org/Increase%20Zooxanthellae%20Numbers%20and%20Mitotic%20Index%20in%20Electrically%20Stimulated%20Corals.htm>

L'implantation d'un biorock se déroule en plusieurs étapes. Tout d'abord il faut monter la structure, assembler les barres métalliques et les accrocher au fond. Vient ensuite la phase de "transplantation". Des bouts de corail encore vivants, récupérés aux alentours parmi des morceaux brisés mais en aucun cas prélevés sur les colonies en place, sont attachés aux barreaux ou suspendus dans des petites cages. Puis l'armature est branchée à du courant basse tension.

Du 12 volt par exemple, produit à terre avec un groupe électrogène ou par des flotteurs équipés de panneaux solaires. De quoi rendre l'installation parfaitement autonome.

En moyenne, un biorock coûte 24 euros par m<sup>2</sup> de surface de fond marin couvert. "Cela dépend des matériaux employés et de la hauteur du biorock envisagée" précise l'inventeur allemand. "Si l'on prend une structure d'environ 20 m<sup>2</sup>, l'électricité consommée est équivalente à l'énergie d'une ampoule de 40 watts pour s'éclairer." Pour une structure de 100 m<sup>2</sup>, c'est environ 300 watts. "Après deux ans (le temps qu'un minimum de calcaire puisse s'agréger, ndr), nous recommandons de passer à du 5 W de façon à maintenir les conditions chimiques qui permettent d'accélérer la croissance du corail et de réparer d'éventuels dégâts pouvant survenir sur la structure."



## Un bilan CO2 complètement nul !

Sitôt branchée, la cathode de l'électrolyse se couvre de petites bulles d'hydrogène, formées par la rencontre des électrons du courant électrique et des protons en suspension dans l'eau de mer. Pour compenser cette perte en ion H<sup>+</sup>, l'acide carbonique (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) présent à proximité se décompose à son tour, libérant des ions carbone et hydrogène. Etc. En quelques heures à peine, cette concentration en carbonate produit sur la cathode un mince dépôt minéral : l'aragonite. Une variété de calcaire très solide qui va s'accumuler tant que dure l'électrolyse.

Pour limiter l'apparition d'un autre minéral, le brucite, un dépôt plus tendre issu de l'hydroxide de magnésium, Wolf Hilbertz a trouvé la

parade. L'électrolyse se déroule en discontinu, alternant les périodes avec et sans courant électrique. De façon à laisser le temps au brucite de se dissoudre, avant de reprendre le processus d'accrétion. De l'autre côté, à l'anode, une mèche de titane allié à un revêtement en oxyde de ruthénium est la meilleure solution pour éviter la corrosion sous-marine.

Pour certains, l'usage généralisé de l'électrolyse de l'eau de mer risque de contribuer à émettre encore plus de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>). Thomas Goreau veut dissiper tout malentendu : "le procédé ne libère pas plus de gaz carbonique qu'il ne peut en stocker. Le bilan géochimique est nul, l'anode et la cathode créent des quantités acides et alcalines égales." D'où un pH neutre, équilibré entre la précipitation et la dissolution du



## Autopia, l'île 100 % renouvelable

Situé dans des eaux internationales, entre les Seychelles et l'île Maurice, Saya de Malha n'est pas une île mais un banc de sable compris entre 10 et 18 mètres de profondeur. C'est là que Hilbertz et Goreau se sont lancés dans un projet démesuré : faire pousser non pas un récif



mais une île. Une entité géographique autoproduite et autosuffisante, alimentée par les énergies renouvelables et les produits de la mer. Formulée par Hilbertz dès 1975, cette idée d'environnement évolutif, "aux processus sociaux et écologiques ouverts", a pris corps en 1997 avec l'immersion d'un biorock hélicoïdal de 600 kilos. Complété en 2002 d'un réseau de panneaux solaires, offrant au chantier corallien une puissance crête de 140 W. Véritable écopolis sortie des eaux, Autopia - c'est son nom - est destinée à devenir une base en colimaçon capable de supporter la présence de 50 000 personnes. Temps de croissance estimée : 5 ans. Au moins.

funny

calcaire. A l'inverse, on ne peut même pas non plus y espérer une technique miracle pour stocker nos excès de gaz à effet de serre. C'est un mythe. " A chaque fois qu'une molécule de bicarbonate est convertie en carbonate et précipité en calcaire, " continue le biologiste, " l'autre molécule de bicarbonate devient du CO2 de façon à équilibrer le pH et conserver sa charge électrique. Ce qui entraîne que chaque dépôt d'une molécule de carbone libère une molécule de CO2 dans l'atmosphère et retire 2 molécules de carbones de la solution sous-marine. "

" Dans une perspective globale, poursuit Goreau, l'accumulation des sédiments calcaires dans les océans représente à long terme la plus importante source naturelle nette de CO2 atmosphérique. Mais la quantité de CO2 naturel produit chaque année par tous les récifs coralliens du monde reste 50 fois inférieure à ce que nous rejetons via la combustion des ressources fossiles. Cependant, alors que l'océan s'acidifie de plus en plus à cause de l'accumulation de CO2, nous sommes en mesure localement de contrer cet effet. " De fait, le champ électrique produit par l'électroaccrétion modifie les conditions physico-chimiques autour du biorock. Ce n'est pas seulement le corail qui subit une cure de jou-

vence ou l'aragonite qui se dépose en quantité. Le pH de l'eau de mer tend à devenir plus alcalin. Et le corail pousse, malgré un pH océanique global en cours de diminution.

### Karang lestari : la pépinière modèle

Depuis 1988, une centaine de récifs Biorock ont été implantés dans les eaux de 22 pays : Jamaïque, Porto-Rico, Cuba, Etats-Unis, Mexique, Panama, Vénézuéla, Colombie, Canada, Seychelles, Taiwan, Thaïlande, Indonésie, Papouasie Nouvelle Guinée, Inde, Emirats Arabes Unies, Quatar, Iles Fidji, Palau, Maldives, Maurice... Les sites " en construction " sont visités plus ou moins régulièrement. " Des tempêtes peuvent abîmer les câbles et les branchements, expliquent ensemble les bio-ingénieurs, mais les réparations à faire sont minimes. "

L'installation la plus importante se trouve en Indonésie, dans la baie de Permuter, au Nord-Ouest de Bali. Réparties entre 3 et 7 mètres de fond sur 2 hectares de superficie, les 22 " pépinières " de corail du site de Karang Lestari - qui signifie préservation du corail en Indonésien - ont été construites en 2000 et en 2002, avec les villageois. Mis bout à bout, l'ensemble des biorocks fait 222 mètres

de long et a été entièrement financé par des hôtels et clubs de plongée locaux, désireux de voir revivre leurs récifs coralliens. Un capital naturel, source de poissons multicolores et de clients satisfaits.

Pour les deux experts de corail, cette démarche de pépinière locale est l'une des dernières chances de préservation du corail. " Le seul espoir qu'il nous reste est de construire un maximum de nurseries à corail et de faire croître le corail au plus vite et dans le plus de lieux possibles " prévient Thomas Goreau. Multiplier les sites de pousse permet non seulement de préserver des " greffons " du corail local mais aussi de constituer une sorte d'internationale corallienne. Un réseau de micro arches destiné, le moment venu, à recoloniser les régions où le corail a disparu. Et que l'océan ne devienne trop acide.

Outre les pépinières et nurseries, l'autre usage du Biorock électrostimulé revient à sa mission initiale : la construction. (cf Autopia...) A Palau et aux Maldives, des récifs expérimentaux sont en cours de croissance. Objectifs de ces structures : devenir des barrières anti-vagues et réduire l'érosion des plages. Selon Hilbertz et Goreau, ces barrages de calcaire coûteraient 10 fois moins cher à bâtir que des digues en

béton. Ils ont surtout parfaitement résisté aux assauts du tsunami du 26 décembre 2004. Et ses colonies de corail aussi.

Maxence Luyet  
(maxence@futurinc.com)

Citation : " Il n'y a aucune limite technique à la taille ou à la forme des récifs que nous pouvons faire pousser. " Thomas J. Goreau

DOCUMENTATION :  
<http://www.biorock.net>

"Mineral Accretion of Large Surface Structures, Building Components and Elements," Wolf Hilbertz, U.S. Patent No. 4246075 (20 Janv. 1981)  
"Method of enhancing the growth of aquatic organisms, and structures created thereby" W.H. Hilbertz and T.J. Goreau, U.S. Patent No. 5543034 (6 Août 1996)

## Loup y es-tu ?

La zone marine protégée de Cap Couronne (au large de Carry-le-Rouet) constitue depuis 1866 un observatoire permettant de tester différentes méthodes de colonisations sur récifs artificiels. Cette zone, très dégradée dans les années 90, était devenue un véritable désert marin. En 1996, des amas chaotiques de béton ont été déposés, qui ont peu à peu, sur un lit d'herbier de posidonias, attiré une microfaune et un écosystème végétal un peu plus élaboré. Depuis décembre 2004, ont été immergés les récifs "Khéops",

centrale, avec un plateau apportant une zone d'ombre hydrodynamique. Six mois plus tard, un premier comptage a permis de constater l'apparition de 17 espèces de poissons, dont les loups, les rougets et différents sars. C'est une véritable renaissance, avec une cadence de croissance très rapide qui est actuellement à l'étude.

Contact : hydro M - Pierre Lefevre, 6 rue Clémence Isaure - 31005 TOULOUSE - Tél 05 34 45 28 10

Parc Marin de la Côte Bleue : Eric Charbonnel, Boris Darzet, Syndicat Mixte - Observatoire - Plage du Rouet - 21, Av. Jean Bart - B.P. 42 - 13620 Carry-le-Rouet. E-mail : charbonnel.eric@parcmairincotebleue.fr



dont l'architecture modulaire (voir photos) repose sur une forme haute pyramidale, créant une grande cavité