



## DES EAUX AUX OS

Pascale JOANNOT et J.-L. PATAT\*

*Aquarium de Nouméa, BP 395, Nouméa, Nouvelle Calédonie*

*\* INOTEB, 18 rue André Del Sarte, 75018 PARIS*

**Résumé :** *le squelette de certains madrépores est utilisé comme biomatériau en chirurgie osseuse. La formation du squelette du corail semble proche de l'ostéogénèse et aucun rejet n'est constaté lors de l'implantation de ce matériau.*

*La société INOTEB, détentrice de la licence exclusive du corail médical, se fournit essentiellement en Nouvelle Calédonie*

**Abstract :** *the skeleton of some selected madreporae is used as a bio-material in bone surgery. The coral skeleton formation seems to be closed of the osteogenesis and no reject has been observed when implanted.*

*The INOTEB society, exclusive holder of the medical coral patent gets it essentially in New Caledonia.*

Qui aurait pu penser qu'un jour ces merveilleux jardins de coraux viendraient au secours de la charpente humaine ? Shakespeare peut-être, l'avait déjà pressenti lorsqu'il écrivait :

*"Et voici que ton père git par cinq brasses de fond,  
Ses os sont maintenant faits de corail,  
Ses yeux sont des perles :  
Rien en lui ne s'étirole,  
Mais il subit la métamorphose marine  
En quelque chose de riche et d'étrange."*

*"Full fathom five thy father lies ;  
Of his bones are coral made ;  
Those are pearls that were his eyes :  
Nothing of him that doth fade,  
But doth suffer a sea-change  
Into something rich and strange."*

*William Shakespeare, "The Tempest" (act I, sc II)*

Véritable poumon de l'humanité au même titre que la forêt amazonienne les coraux savent donc aussi se transformer en os par l'intermédiaire d'une alchimie humaine récemment mise au point.

### L'os :

L'os est un tissu vivant dont la matrice protéique de collagène a été imprégnée par des sels minéraux, en particulier par des phosphates de calcium. Un rapport adéquat entre protéines et minéraux est nécessaire au maintien d'une structure osseuse normale.

Les minéraux de l'os sont essentiellement sous forme d'un sel complexe qui ressemble ou peut-être identifié à l'hydroxyapatite,  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ . Ce sel forme des cristaux qui mesurent 20 nm sur 3 à 7 nm. On trouve également dans l'os du sodium, de petites quantités de magnésium et de carbonate ainsi que des oligo-éléments.

Les ostéoblastes sont les cellules constructives de l'os qui fabriquent le collagène et forment autour d'elles une matrice qui se calcifie ensuite.

Les ostéocytes sont des cellules osseuses entourées d'une matrice calcifiée. Ils envoient des prolongements dans des canicules qui se ramifient dans toute la substance osseuse et sont en grande partie responsables de l'homéostasie phosphocalcique.



Les ostéoclastes sont des cellules multinucléées qui érodent et résorbent l'os formé dans les étapes précédentes.

#### Le corail :

Les madrépores sont des organismes coloniaux . Le polype sécrète à partir du calcium présent dans l'eau de mer des parties dures : le squelette, formé de carbonate de calcium sous la forme cristalline d'aragonite. Ce dernier sert de support et détermine la morphologie de l'ensemble de la colonie.

Le squelette formé d'aragonite ( $\text{CO}_3\text{Ca}$ ), abrite le polype. Les cellules endodermiques du polype pompent dans l'eau de mer des ions  $\text{Ca}^{++}$  qui sont alors transportés activement dans des sites de squelettogénèse situés à l'extérieur de l'ectoderme. Ce calcium serait alors absorbé sur un matériel mucopolysaccharidique, qui forme une partie de la matrice organique.

Cette matrice servirait de patron à l'agencement des cristaux de carbonate de calcium. Le calcium de l'eau de mer se combine à cet instant au  $\text{CO}_2$  dissous sous forme de carbonate.

#### Analogie os-corail

*Caractéristiques biomécaniques* : le corail présente des propriétés mécaniques remarquables même lorsque le volume de porosité avoisine 50%.

Les différentes espèces de madrépores présentent une organisation du squelette et de la porosité qui induisent des caractéristiques mécaniques propre à l'espèce. Ces caractéristiques dépendent des contraintes hydrodynamiques qu'ils subissent. Les squelettes des madrépores des zones peu agitées ont une résistance moindre que ceux des zones battues et ce au sein d'une même espèce.

*Caractéristiques chimiques* : schématiquement l'os comme le corail puise les éléments chimiques dans le milieu environnant ; le sérum pour l'os et l'eau de mer pour le corail.

La composition du squelette de corail se rapproche de celle de l'os par de nombreux éléments minéraux en particulier par sa teneur en calcium et par ses oligo-éléments.

Le strontium exerce une action protectrice sur les mécanismes de calcification et augmente la minéralisation.

Le fluor augmente la formation osseuse par effet direct sur la prolifération des cellules précurseurs des ostéoblastes. Ces deux éléments se retrouvent dans le squelette du corail.

La composition chimique du corail est capitale, elle permet le processus harmonieux de sa résorption et de son remplacement par l'os.

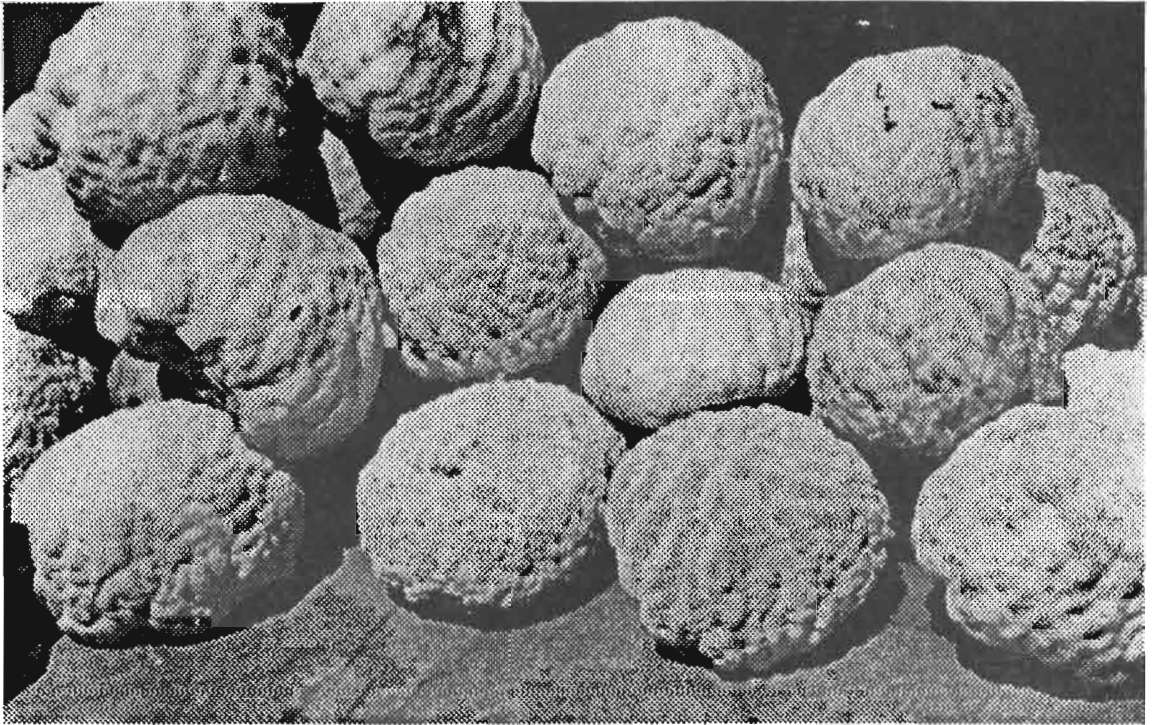
#### La récolte du corail :

Depuis 1989, l'Aquarium de Nouméa fournit à titre expérimental du corail à la Société INOTEB. Le relais de l'exploitation du corail exclusivement médical a été passé en 1991 à la société MEDICORAIL.

L'utilisation chirurgicale du corail est couverte par un brevet international ANVAR-CNRS. La société INOTEB dispose de la licence exclusive de ce brevet.

Après de nombreuses analyses de qualité des madrépores, il s'avère que ceux de Nouvelle-Calédonie donnent de bons résultats. Ces récoltes sont soumises à l'approbation des autorités locales très soucieuses de la protection du lagon. La prise annuelle inférieure à trois tonnes de madrépores est négligeable. La production annuelle de 300 millions de tonnes de carbonate élaborés par les coraux est en fait très peu perturbée par ces récoltes de coraux à usage médical. Les principaux genres récoltés sont des *Acropora*, *Porites* et *Lobophyllia*.

Les squelettes de madrépores sont exportés vers la Métropole où ils subissent un traitement particulier pour devenir un biomatériau : Biocoral.



**Stock de *Porites* destiné à usage médical**

**Le traitement du corail:**

La purification des madrépores est à la fois chimique et physique et se déroule selon des protocoles établis. Le matériel diamanté utilisé pour la façonnage du corail s'est avéré le plus fiable car il ne provoque aucune contamination chimique. La radiostérilisation au rayonnement gamma est utilisée. Le façonnage du corail en biomatériau permet de présenter différents modules :

- des granules ;
- des billes ;
- des blocs ;
- des prothèses façonnées.

**Les domaines d'application :**

Ce substitut du greffon osseux qu'est le corail est préconisé dans différents domaines chirurgicaux intéressant l'os tel que :

- la chirurgie orthopédiques ;
- la chirurgie maxillo-faciale ;
- la neuro chirurgie ;
- la chirurgie préprothétique buccale ;
- la chirurgie parodontale ;
- la chirurgie O.R.L. ;
- la chirurgie plastique.
- la chirurgie parodontale ;
- la chirurgie O.R.L. ;
- la chirurgie plastique.



Les greffes sont des greffes d'interposition, de comblement ou d'apposition. Les contre-indications sont les ostéomyélites avérées ou imparfaitement asséchées, les os receveurs nécrosés ou nécrotiques et les implantations intra-articulaires.

#### **Evolution de l'implant de corail :**

Les expérimentations ont permis histologiquement de mettre en évidence et de manière constante, cinq phases qui se succèdent et s'imbriquent au fur et à mesure que progresse le front de résorption et qu'avance le front de calcification.

*Première phase* : les éléments cellulaires sanguins et extravasés de la moëlle osseuse envahissent le corail.

*Deuxième phase* : apparition de la vascularisation.

*Troisième phase* : résorption du corail par les ostéoclastes.

*Quatrième phase* : apposition de la première couche ostéoblastique responsable de la néoformation osseuse. Elle est concomitante de la phase de résorption.

*Cinquième phase* : remodelage du tissu néoformé en fonction de l'architecture du site implanté.

La résorption du corail est certainement l'œuvre de l'anhydrase carbonique contenue dans les ostéoclastes.

#### **Conclusion**

Le corail au service de l'os n'est pas une vue de l'esprit mais une application biomédicale en pleine expansion. Pour élargir les applications, une recherche dynamique se poursuit dans les laboratoires d'INOTEB, à la Faculté de Médecine de Paris V et VII, ainsi que dans d'autres laboratoires internationaux.

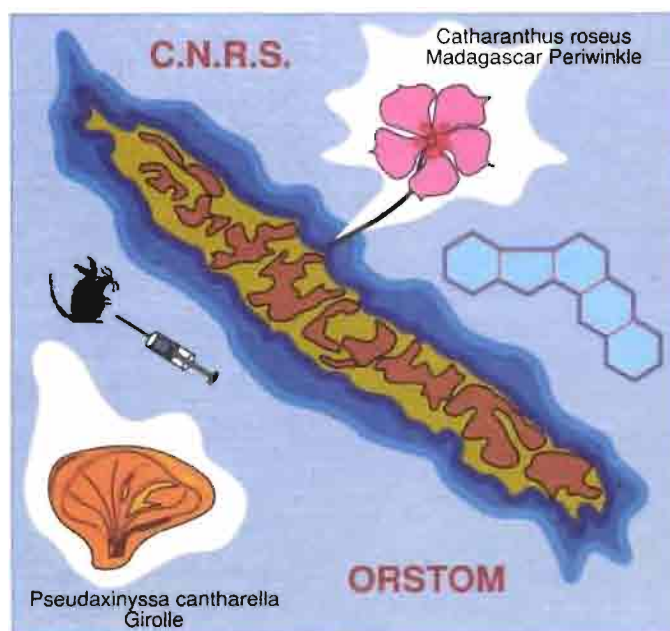
*(Brevet Français Biocoral N°798120 et extensions)*

*(French Patent Biocoral N°7918120 and extensions)*

# Troisième Symposium sur les substances naturelles d'intérêt biologique de la région Pacifique-Asie

Nouméa, Nouvelle-Calédonie, 26-30 Août 1991

## ACTES



Editeurs : Cécile DEBITUS, Philippe AMADE,  
Dominique LAURENT, Jean-Pierre COSSON