

CURRICULUM VITAE

TITRES ET TRAVAUX

**Denis ALLEMAND (PR1)**

**CENTRE SCIENTIFIQUE DE MONACO**



- April 2020 -

*"Il y a des expériences qui seraient impossibles chez certaines espèces animales, et le choix intelligent d'un animal qui présente une disposition heureuse est souvent la condition essentielle du succès d'une expérience et de la solution d'un problème physiologique très important... La physiologie comparée est une des mines les plus fécondes pour la physiologie générale"*

**Claude Bernard - Introduction à l'étude de la médecine expérimentale.**

*"On ne peut réparer une machine que si l'on connaît les pièces et leur usage. En revanche, la lésion d'une pièce permet d'en préciser le rôle. La pathologie propose donc des modèles aux physiologistes"*

**François Jacob - La logique du vivant.**

*"Le plaisir du chercheur, c'est de retrousser les jupes de la nature"*

**Jean Rostand - Pensées d'un Biologiste**

## TABLE DES MATIÈRES

<i>DENIS ALLEMAND – BIOGRAPHIE RESUMEE</i> .....	5
<i>RENSEIGNEMENTS GENERAUX</i> .....	7
<i>TITRES ET FONCTIONS UNIVERSITAIRES</i> .....	7
<i>ACTIVITE PROFESSIONNELLE</i> .....	8
<i>DECORATIONS ET DISTINCTIONS</i> .....	8
<i>ACTIVITES D'ENSEIGNEMENT</i> .....	9
<i>ACTIVITES ADMINISTRATIVES</i> .....	11
<i>ACTIVITES DE RECHERCHE</i> .....	12
<b>ORIENTATIONS GENERALES DES TRAVAUX : RESUME</b> .....	12
<b>PARTICIPATION A DES CONGRES</b> .....	26
<b>CONFERENCES SUR INVITATION</b> .....	31
<b>SEJOURS A L'ETRANGER</b> .....	33
<b>ENCADREMENT D'ETUDIANTS</b> .....	34
<b>PARTICIPATION A DES JURYS DE THESES</b> .....	35
<b>PARTICIPATION A DES JURYS D'HDR</b> .....	37
<b>CONTRATS DE RECHERCHE</b> .....	37
<b>COLLABORATIONS (ayant donné lieu à des publications communes)</b> .....	38
<b>EXPERTISE DE MANUSCRITS OU DE PROGRAMMES DE RECHERCHE</b> .....	38
<b>ACTIVITES ASSOCIATIVES</b> .....	39
<b>AUTRES ACTIVITES</b> .....	39
<b>RESUME DES ACTIVITES DE RECHERCHE DES CINQ DERNIERES ANNEES</b> .....	42
Organisation et évolution de l'équipe « Réponse des Organismes aux stress abiotiques » .....	42
<b>1. POURQUOI ETUDIER LES CNIDAIRES ?</b> .....	42
<b>2. CONTRAINTES IMPOSEES PAR LA SYMBIOSE ET SOLUTIONS</b> .....	44
2.1. La fourniture en CO <sub>2</sub> .....	44
2.2. La fourniture en Azote.....	47
2.3. Protection contre les UV.....	47
2.4. Protection contre l'hyperoxie .....	48
<b>3. CONSEQUENCE DE LA SYMBIOSE : BIOMINERALISATION</b> .....	51
3.1. Les mécanismes de base .....	51
3.2. Interactions Symbiose / minéralisation.....	52
<b>4. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES</b> .....	53





## Denis Allemand – Biographie résumée

**Denis ALLEMAND** est un chercheur monégasque spécialisé en Physiologie Comparée et Écophysiologie marine et Biodiversité. Il est né le 9 juillet 1959 à Monaco. Il est marié et père de deux enfants.

*Adresse professionnelle :*

Centre Scientifique de Monaco  
8 Quai Antoine 1er  
MC-98000 Monaco

*Mail :* [allemand@centrescientifique.mc](mailto:allemand@centrescientifique.mc)

Après un premier cycle à l'Université de Nice, Il a obtenu son doctorat en 1986 à l'Université de Montpellier II (France) en sciences pharmacologiques et endocrinologie. Il est professeur 1<sup>ère</sup> classe de biologie animale à l'Université de Nice-Sophia Antipolis où il a fondé un groupe de Recherche sur les Interactions moléculaires au sein des symbioses marines et a été pendant 4 ans directeur-adjoint de l'Unité Mixte de Recherche INRA – UNS « Réponses des Organismes aux Stress environnementaux » (80 personnes). Il est aujourd'hui très impliqué dans la gestion de la recherche.

Denis Allemand est actuellement en disponibilité de l'Université et assume depuis 2001 la fonction de directeur scientifique du Centre Scientifique de Monaco (CSM), organisme public autonome monégasque dédié à la recherche scientifique regroupant une cinquantaine de chercheurs et personnels techniques au sein de trois départements : un département de Biologie Marine, un département de Biologie Polaire et un département de Biologie Médicale. Son principal domaine de recherche concerne la physiologie comparée des organismes marins. Il est co-auteur d'environ 130 articles scientifiques et de nombreux chapitres d'ouvrages. Il a présenté une quarantaine de conférences sur invitation à travers le monde (France, Allemagne, Australie, Autriche, Canada, Espagne, Israël, Italie, Japon, Norvège, Pays-Bas, Polynésie Française, UK, USA). Il a supervisé 12 étudiants en doctorat et de très nombreux stagiaires.

Les travaux actuels de Denis Allemand portent principalement sur la physiologie des coraux (coraux constructeurs de récifs et corail rouge de Méditerranée) avec un intérêt particulier sur deux fonctions biologiques majeures, la biominéralisation et la symbiose. Il est intéressé par le mécanisme de formation du squelette de corail. Il étudie également l'effet de l'acidification des océans sur ce processus de biominéralisation. Concernant la symbiose, il s'intéresse à l'adaptation mutuelle des deux partenaires de l'association symbiotique (hôte animal et les zooxanthelles) et plus particulièrement aux relations moléculaires entre les zooxanthelles et leur hôte.

À côté de son activité de recherche, Denis Allemand est très impliqué dans l'enseignement universitaire et dans la diffusion des connaissances à travers des conférences grands publics, des activités en collaboration avec les classes de primaires, de Collèges et de Lycées, ou des articles de vulgarisation à destination d'un public averti (La Recherche) ou d'un public plus large (« Chronique du CSM », chronique mensuelle paraissant dans le journal « La Gazette de Monaco », près de 70 chroniques publiées à ce jour).

Denis Allemand mène également une activité importante d'expertise à travers sa participation à des comités d'évaluation AERES d'importants laboratoires en France, de jurys de thèses (plus de 30) ou d'HDR (16). Il est membre de différents conseils scientifiques et d'administration :

- Conseil scientifique de l'Institut océanographique Fondation Albert I<sup>er</sup> – Prince de Monaco,
- Conseil scientifique et technique de la Fondation Prince Albert II,
- Conseil scientifique de l'Institut Écologie et Environnement du CNRS,

- Conseil scientifique de l'École Pratique des Hautes Études (EPHE),
- Conseil scientifique de l'IFREMER,
- Conseil d'administration de l'Observatoire Océanologique de Villefranche-sur-Mer,
- Conseil Académique du PRES parisien HESAM (Hautes Études, Sorbonne, Arts et Métiers),
- Conseil Scientifique de Catlin Seaview Survey et Advisory Panel du National Sea Simulator (SeaSim) (Australian Institute of Marine Science).

Il est membre de l'Académie Européenne des Arts, Sciences et Lettres et de l'Academia Europaea. Il est Chevalier de l'Ordre de Saint-Charles, Chevalier de l'Ordre de Grimaldi et Chevalier de l'Ordre du Mérite Culturel (Monaco). Il est également Chevalier de l'Ordre du Mérite Maritime français et Officier dans l'ordre des Palmes académiques.

Durant ses loisirs, il s'intéresse à l'architecture vernaculaire et rupestre en Provence-Côte d'Azur (29 publications dans des journaux spécialisés ou d'audience plus large – Archéologia, Dossiers de l'Archéologie). Il donne dans ce domaine également de nombreuses conférences.

Pour plus de détails consulter [www.centrescientifique.mc](http://www.centrescientifique.mc).

## RENSEIGNEMENTS GENERAUX

---

### ALLEMAND Denis

\* né le 9 juillet 1959

\* Nationalité : Monégasque

\* Situation de famille : marié, deux enfants

\* Distinctions : Chevalier de l'Ordre de Saint-Charles, Chevalier de l'Ordre de Grimaldi, Chevalier de l'Ordre du Mérite Culturel, Officier de l'Ordre des Palmes Académiques.

#### \*Adresse professionnelle :

Centre Scientifique de Monaco  
Directeur Scientifique  
8 Quai Antoine I<sup>er</sup>  
MC-98000 Monaco  
Tel. : +377 92 16 79 83  
Fax. : +377 92 16 79 81  
E-mail : allemand@centrescientifique.mc

&

Département de biologie  
Université de Nice-Sophia Antipolis  
Faculté des Sciences, BP 71  
F-06108 Nice Cedex 02, France  
E-mail : allemand@unice.fr

## TITRES ET FONCTIONS UNIVERSITAIRES

---

**2007**      **Septembre** : En position de disponibilité de l'Université

**2006**      **Promotion PR1**

**2005 - 2008** **Président de la commission de Spécialistes 66 - 69**

**1999**      **Bénéficiaire de la Prime d'encadrement Doctoral.**

**1998**      **Professeur de Biologie (68ème section).**

**1995**      **Inscription sur la liste de qualification aux fonctions de Professeur (section 68).**

**1990**      **Habilitation à Diriger les Recherches.**

"Transports membranaires de calcium et d'acides aminés : études physiologique et toxicologique"

UNIVERSITÉ DE NICE SOPHIA-ANTIPOLIS

Soutenue le 20 décembre 1990, devant le jury composé de : M. le Professeur P. PAYAN, Président, Université de Nice ; M. le Professeur F. DOUMENGE, Directeur du Musée océanographique de Monaco ; M. le Professeur J. JAUBERT, Université de Nice ; M. le Professeur B. LAHLOU, Directeur du Laboratoire de Physiologie Cellulaire et Comparée, Unité CNRS 651, Université de Nice ; Mme le Professeur S. PUISEUX-DAO, Directrice de l'Unité INSERM U303, Université de Paris VI.

Mention : très honorable.

**1986**      **Diplôme de doctorat Nouveau régime (Spécialité Sciences Pharmacologiques)**

"Etude de l'absorption des acides aminés neutres chez l'oeuf d'oursin. Stimulation des protéines membranaires de transport à la fécondation".

Directeur de Thèse : Pr. S. JARD.

UNIVERSITÉ DE MONTPELLIER II.

Soutenue le 3 octobre 1986 devant le jury composé de : M. le Professeur S. JARD, Président, Directeur du Centre de Pharmacologie Endocrinologie CNRS-INSERM ; M. le Professeur I. ASSENMACHER, Membre de l'Académie des Sciences, Directeur du Laboratoire de Neuroendocrinologie à

Montpellier ; M. le Professeur C. ELLORY, Senior Lecturer, University of Oxford ; M. P. GUERRIER, Directeur de Recherche CNRS, Directeur de la Station Biologique de Roscoff ; M. le Professeur P. PAYAN, Université de Nice.

Mention : très honorable.

**1983 Diplôme d'Etudes Approfondies (DEA)**

UNIVERSITÉ DE MONTPELLIER II - Endocrinologie et Développement.

**Juin 1983**

- Mention B, major de la promotion- Attribution de la bourse MIR (DGRST) -

- Présentation d'un Mémoire "Caractérisation du transport de valine chez l'oeuf d'oursin *Paracentrotus lividus*".

**1982 Maîtrise de Physiologie**

UNIVERSITÉ DE NICE, Juin 1982 (mention B).

**1981 Licence de Physiologie**

UNIVERSITÉ DE NICE, Juin 1981 (mention B).

**1980 Diplôme d'Etude Universitaire Générale**

UNIVERSITÉ DE NICE (Juin 1979, Juin 1980 - mention B).

## **ACTIVITE PROFESSIONNELLE**

---

- Septembre 1983-Octobre 1986 : Boursier DGRST. Laboratoire de Physiologie Cellulaire et Comparée, Université de Nice.
- Novembre 1986 - Décembre 1991 : Chargé de Recherche. Observatoire Océanologique Européen, Centre Scientifique de Monaco.
- Janvier 1992 - Septembre 1998 : Directeur de Recherche. Observatoire Océanologique Européen, Centre Scientifique de Monaco.
- Depuis Octobre 1998 : Professeur d'Université, Laboratoire de Physiologie et Toxicologie environnementales devenu l'depuis Janvier 2000 UMR UNSA - INRA 1112 "Réponse des Organismes aux Stress Environnementaux - ROSE", Université de Nice-Sophia Antipolis.
- Depuis Octobre 2001 : Directeur Scientifique du Centre Scientifique de Monaco.
- Janvier 2004 – Septembre 2007 : Directeur-Adjoint de l'UMR 1112 (70 personnes) et Responsable de l'implantation niçoise de l'UMR (15 personnes).
- Septembre 2007 : En position de disponibilité de l'Université.

## **DECORATIONS ET DISTINCTIONS**

---

- Chevalier de l'Ordre de Saint-Charles
- Chevalier de l'Ordre de Grimaldi
- Chevalier de l'Ordre du Mérite Culturel
- Chevalier de l'Ordre du Mérite Maritime
- Officier de l'Ordre des Palmes Académiques



## ACTIVITES D'ENSEIGNEMENT

Depuis le début de ma carrière scientifique, et avant même de devenir enseignant, j'ai toujours associé mes activités de recherche à des activités d'enseignement dans les différents cycles universitaires principalement au sein de l'Université de Nic-Sophia Antipolis. Recruté Professeur de Biologie à la rentrée de septembre 1998, j'assure les enseignements de biologie animale et de biologie cellulaire dans les filières enseignement et Recherche de Biologie des Organismes et des Populations, ainsi que des cours et TP en premier cycle (ex-DEUG).

Responsable de l'équipe pédagogique de Biologie Animale depuis la rentrée universitaire 2000, j'ai participé activement au renouvellement de ses enseignements vieillissants puis aux rédactions des nouvelles maquettes d'enseignement dans les différents cycles (2000 et 2004 - Réforme LMD) ainsi qu'au choix des profils des enseignants recrutés en 68<sup>ème</sup> section depuis ma nomination. Lors de l'élaboration du plan quadriennal en 2000, j'ai proposé de mettre en place une nouvelle filière de Biologie des Organismes (Licence, LBO) et des Populations (Maîtrise, MBPE), complétant ainsi l'offre de l'UNSA pour la période 2000 – 2004 (filière de Physiologie et Biologie Cellulaire ; filière de Biochimie et filière Enseignement). J'ai assuré la direction de la LBO jusqu'à sa disparition lors de la mise en place de la réforme LMD. Dès sa première année, cette filière a connu un grand succès, devenant une filière majeure de second cycle à l'UNSA. La mise en place de cette nouvelle filière niçoise s'inscrit dans une démarche plus large liée à la création de notre UMR dans le domaine environnemental en association avec l'INRA. À la mise en place de la réforme LMD, cette filière a été transformée en deux parcours « Adaptation » et « Biologie des Populations » au sein du nouveau Master Recherche.

Face à de nombreux départs à la retraite, et suite au manque d'enseignants dans la section 68, j'assure une large partie des enseignements magistraux au second cycle (ma charge horaire est en moyenne de 198 h équiv. TD pour les 6 dernières années).

---

*Évolution de ma charge horaire depuis l'année universitaire 2000 - 2001*

H TD	2000-2001	2001-2002	2002-2003	2003-2004	2004-2005	2005-2006
Denis ALLEMAND	<b>187</b>	<b>208</b>	<b>192</b>	<b>192</b>	<b>216</b>	<b>197</b>
Moyenne équipe BA	181	182	182	181	188	187

Je suis actuellement co-responsable d'une unité d'enseignement en 2<sup>ème</sup> année de Licence (Faunistique et Floristique), responsable d'une unité d'enseignement de 3<sup>ème</sup> année de licence d'enseignement (Biologie Animale et Cellulaire) et de 3 unités de Master (« Interactions et évolution animales » en master 1 d'enseignement ; « Adaptation des Organismes aux Environnements » et « Biominéralisation et Physiopathologie osseuse » en master Recherche). Mes enseignements sont actuellement répartis sur la totalité des deux cycles universitaires : L1 (32 %), L2 (12 %), L3SVT (16 %), M1SVT (20 %), Master Recherche (10%), Prépa Capes (10%).

Mes principaux enseignements portent sur : la biologie de la reproduction, la biologie des interactions (symbiose et parasitisme), la biologie de l'adaptation, l'endocrinologie et la physiologie comparées, la zoologie, la biologie du développement, la protistologie, l'évolution... Mon enseignement est partagé en moyenne entre : cours 65 %, TD 20 % et TP 15 %.

Depuis ma mise en disponibilité de l'Université, je continue à assurer certains enseignements (Cours et TP) dont j'étais responsable, en particulier les cours de Faunistique en Licence 2.

### - Année 1 – 3 (Licence)

DEUG Sciences de la Vie 1<sup>ère</sup> année (Année universitaire 1984-1985 ; 30 heures) : Mise en place et enseignement (cours, TD) de Biologie Humaine dans le cadre d'une filière de préparation aux concours paramédicaux.

DEUG Sciences de la Vie 2<sup>ème</sup> année (Années universitaires 1998 à 2002 ; 10 h) : Cours d'Embryologie.

DEUG Sciences de la Vie 2<sup>ème</sup> année (Années universitaires 2000 à 2002 ; 4 h) : Module « Biodiversité », Cours « Les Biominéraux ».

DEUG Sciences de la Vie 2<sup>ème</sup> année (Années universitaires 1998 à 2001 ; 24 h) : TP de Biologie animale : dissection de vertébrés (Évolution de l'appareil cardio-vasculaire et respiratoire).

LICENCES de *Biologie et Physiologie Cellulaires* et de *Biochimie Structurale et Métabolique*. Cours magistraux de Physiologie : Respiration, Équilibre Acido-Basique, Digestion. Année universitaire 1988-1989 (20 heures).

LICENCE de *Biologie Générale, Sciences de la Vie, de la Terre et de l'Univers* (LBGSTU, 3<sup>ème</sup> année) : Coordonnateur depuis 1998 du module de Biologie Animale et Cellulaire. Cours et TD de Biologie Animale (26 h : Reproduction sexuée et unisexuée, développement post-embryonnaire, cycles d'alternance, Protistologie...); TP de Biologie Animale (20 h : Alternance de génération chez les Cnidaires, Parasitisme, Symbiose); Cours de Biologie Cellulaire (12 h : Tissus conjonctifs, matrice extracellulaire, tissus minéralisés...). Cours de Physiologie comparée (6 h annuelle depuis 2000).

LICENCE de *Biologie des Organismes* (LBO) : Mise en place ; coordination de 2000 à 2003. Coordonnateur du module Biologie de l'Adaptation animale (cours : 24 h, TD : 12 h, TP : 8 h).

LICENCE 1<sup>ère</sup> année : Mise en place en 2004-2005 (prévu pour 4 ans) d'un nouvel enseignement de Biologie de la reproduction animale (36 h de Cours).

LICENCE 2<sup>ème</sup> année : Mise en place en 2004-2005 (prévu pour 4 ans) d'un nouvel enseignement de Cours, TD et TP d'un module « Faunistique et Floristique » (Gestion de la partie Faunistique : 10 heures cours, 4 h TD, 10 h TP).

#### - **Master.**

MAÎTRISE de *Biologie Générale, Sciences de la Terre et de l'Univers* (MBGSTU) : cours d'endocrinologie comparée (invertébrés, vertébrés - 20 h depuis 2000). Cours de Biologie Animale : Parasitisme, Symbiose (16 h depuis 2000). Responsable de l'unité d'enseignement " Interactions et évolution animales ".

MAÎTRISE de *Biologie des Populations et des Écosystèmes* (MBPE) : Co-Responsable de l'unité d'enseignement " Communications et interactions entre les organismes " (enseignement : 20 h cours et TD de 2001 à 2004).

MASTER Recherche : Responsable du Module « Adaptation des Organismes aux environnements » (10 h de cours à partir de 2004).

MASTER Recherche : Co-Responsable du Module « Biominéralisation et Physiopathologie osseuse » (12 h de cours à partir de 2004).

Depuis l'année universitaire 1998, participation à l'enseignement de Biologie Cellulaire et de Biologie Animale dans les filières de préparation aux concours CAPES et AGRÉGATION (environ 20 heures de cours/TD par an).

#### - **DIVERS.**

- Cours d'écophysiologie animale dans le cadre d'une option "Connaissance du milieu naturel régional" à l'École Normale d'instituteur de Nice. Années universitaires 1987-1989 (10 heures).

- Cours "Cibles membranaires des xénobiotiques" dans le cadre du DEUST, "Biotechnologie du Médicament" mis en place à Menton. Année universitaire 1992-1993 (4 heures).

- Cours "Mécanismes de la calcification chez les coraux" dans le cadre du D.E.A. du Muséum National d'Histoire Naturelle (Paris), "Activités Biologiques des Substances naturelles : reconnaissance moléculaire et communications cellulaires" (module "Biominéralisation de l'exosquelette des algues au squelette des vertébrés"). Année universitaire 1994-1995 (4 heures).

Cours aux étudiants du DEA d'Océanographie de Paris VI : « Physiologie des Coraux Constructeurs de Récifs », EPHE, Perpignan (6 h, 2002-2004).

Encadrements de stages de recherche en laboratoire (maîtrise, DUT, DEA, DESS, Thèse, stages d'été, École d'ingénieur (INSA Toulouse, École sup. de Biochimie de Paris) : 25 stagiaires accueillis entre 1990 et 2004 (cf. encadrements d'étudiants).

# ACTIVITES ADMINISTRATIVES

## Universitaire

- Directeur-Adjoint de l'UMR INRA – UNSA 1112 (70 personnes) et responsable de la partie UMR implantée sur le site de la faculté des Sciences (15 personnes) de janvier 2004 à septembre 2007.
- Membre du Conseil de Service de l'UMR INRA – UNSA 1112
- Responsable de l'Équipe pédagogique de Biologie Animale de Septembre 2000 à septembre 2007.
- Président de la Commission de Spécialistes 68- 69 de l'UNSA de 2005 à 2008.
- Membre de la Commission de Spécialistes 68 – 69 de l'UNSA de 1998 à 2009.
- Membre de la Commission de Spécialistes de l'IUFM de Nice de 1999 à 2009.
- Coordonnateur de la Licence de Biologie des Organismes : mise en place des modules et coordination (septembre 2000 – Septembre 2004).

## Extra-Universitaire

- Membre de la Commission RAMOGE (2000 - 2010)
- Membre du Conseil Scientifique et Technique de la Fondation Prince Albert II (depuis sa création en 2007)
- Membre du Conseil d'Administration de l'Observatoire Océanologique de Villefranche/Mer (depuis 2008)
- Membre du Conseil Scientifique de l'Institut Océanographique, Fondation prince Albert I (depuis 2009)
- Membre de la Commission Nationale Monégasque de l'Enseignement Supérieur (depuis 2009)
- Membre du Conseil Scientifique de l'École Pratique des Hautes Études (EPHE) (depuis 2010)
- Membre du Conseil Scientifique de l'Institut INEE du CNRS (de 2011 à 2014)
- Membre du Comité des Sages de l'OSU « PYTHÉAS » (2011 - 2013)
- Membre du Conseil Scientifique de Catlin Seaview Survey (depuis 2012)
- Membre de l'Advisory Panel du National Sea Simulator (SeaSim), Australian Institute of Marine Science (depuis juillet 2014)
- Membre du Conseil Académique du PRES HESAM (Hautes-Études Sorbonne Arts et Métiers) (depuis 2012)
- Membre du Conseil Scientifique de l'IFREMER (depuis 2013)
- Membre de l'Académie Européenne des Sciences, des Arts et des Lettres
- Membre de l'Academia Europaea
- Organisation du 7ème symposium international sur la Biominéralisation à Monaco (Novembre 1993) : Co-chairman et organisation locale (trésorerie, secrétariat). Environ 200 participants. Éditeur des actes (4 volumes).
- Membre du comité scientifique d'organisation des Premières et Quatrièmes Journées Françaises de Biologie des Tissus minéralisés, ENS, Lyon, 22-23 Janvier 1998.
- Membre du Comité d'organisation de 8<sup>th</sup> International Symposium on Biomineralization (Niigata, Japon, Septembre 2001) et du International Congress on Coelenterate Biology (Eilat, Israël, Octobre 2002).

# ACTIVITES DE RECHERCHE

## ORIENTATIONS GENERALES DES TRAVAUX : RESUME

Depuis 1982, début de ma carrière scientifique, mes recherches ont toujours concerné la biologie et la physiologie des invertébrés marins.

On peut déceler cinq étapes importantes qui structurent mon parcours scientifique :

### 1) Activation cellulaire et Biologie du développement : Stimulation des systèmes de transport membranaires à la fécondation.

Période : 1982 - 1986  
Institution d'accueil : Laboratoire de Physiologie Cellulaire et Comparée, UA CNRS 651, Université de Nice. Directeur de recherche : Prof. P. Payan.  
Statut : boursier DGRST.

J'ai étudié le rôle des transporteurs membranaires d'ions ( $\text{Na}^+/\text{K}^+$  ATPase, échangeur  $\text{Na}^+/\text{H}^+$ , canal  $\text{Ca}^{++}$ , échangeur  $\text{Na}^+/\text{Ca}^{++}$ ...) lors de la stimulation du métabolisme qui a lieu à la fécondation de l'oeuf d'oursin, pris comme modèle cellulaire. Comme index de l'activation cellulaire, j'ai choisi l'absorption des non-électrolytes (acides aminés). J'ai caractérisé les mécanismes de transport des acides aminés et étudié leurs régulations. J'ai ainsi pu déterminer le rôle respectif du signal calcium, de l'alcalinisation intracellulaire et du remaniement protonique cortical dans la stimulation des protéines de transport à la fécondation. Les résultats acquis lors de cette première étape m'ont permis de soutenir une thèse de Doctorat "nouveau régime" en octobre 1986. Par la suite, j'ai continué ces recherches en me focalisant sur l'étude du rôle du calcium comme messenger ionique.

Publications : 8 publications, 1 DEA, 1 Thèse.

### 2) Rôle du calcium dans les processus toxicologiques.

Période : 1986 - 1989  
Institution d'accueil : Laboratoire de Physiologie Cellulaire et Comparée, UA CNRS 651, Université de Nice.  
Statut : Chargé de recherche au Centre Scientifique de Monaco.

Recruté au Centre Scientifique de Monaco, et afin d'orienter ma recherche vers les thèmes privilégiés par cet organisme, j'ai développé un sujet de recherche original qui m'a permis de montrer que l'oeuf d'oursin représentait un matériel biologique tout à fait adapté à des études en toxicologie cellulaire et écotoxicologie. J'ai ainsi pu étudier le rôle du calcium dans les processus toxicologiques conduisant à la mort cellulaire, ce qui m'a permis de suggérer d'utiliser le calcium comme bio-indicateur de l'état de santé d'un organisme. Durant cette période j'ai plus particulièrement étudié les interactions métaux lourds/calcium et les cibles membranaires des métaux lourds (transporteurs d'acides aminés, systèmes de régulation du pH intracellulaire...) sur deux modèles biologiques, l'oeuf d'oursin et l'algue unicellulaire *Hymenomonas elongata* (coccolithophorides).

Publications : 6 publications, 1 Habilitation à diriger les recherches.  
Encadrement : 1 DEA, 1 thèse

### 3) Physiologie de la Biominéralisation et de la Symbiose.

Période : 1990 - 1998  
Institution d'accueil : Centre Scientifique de Monaco.  
Statut : Chargé puis Directeur de recherche (1992) au Centre scientifique de Monaco.

Alors que le rôle du calcium dans les processus de contrôle du métabolisme cellulaire nécessite le maintien d'une concentration cytoplasmique libre très faible, sa mise en jeu dans les processus de biominéralisation implique au contraire le transport transcellulaire de grandes quantités de cet ion. L'étude de ce double rôle me semblait parfaitement s'intégrer dans une suite logique de mes recherches. L'opportunité de cette étude s'est réalisée lorsque, à la suite de la création au sein du Centre Scientifique d'un laboratoire de Biologie marine, le professeur Jean Jaubert, directeur scientifique, m'a demandé de mettre en place puis d'animer une équipe de Physiologie des invertébrés marins calcificateurs. Parmi les modèles possibles, le corail me semblait représenter un modèle

biologique intéressant et original pour l'étude des mécanismes de transport transépithéliaux d'ions en général et de calcium en particulier. En effet ces animaux, dont la culture *in vitro* venait d'être maîtrisée, présentent un taux de calcification très important. De plus, pour des raisons pratiques ils n'avaient pas fait l'objet d'études physiologiques.

D'abord seul au moment de l'installation des locaux, puis avec des étudiants de 3ème cycle, je me suis intéressé aux mécanismes de transport d'ions associés à la calcification et à leur régulation par les paramètres endogènes ou environnementaux. Ceci m'a amené rapidement à étudier les relations endosymbiotiques existantes entre les coraux scléactiniaires et une algue unicellulaire, la zooxanthelle. Les épithéliums de cnidaires symbiotiques (coraux, anémones) représentent également un fascinant modèle d'étude des transports actifs de bicarbonate par une cellule animale pour son utilisation intracellulaire dans la photosynthèse par un symbiote algal. Plus récemment, je me suis également intéressé à l'effet des changements climatiques (augmentation du gaz carbonique atmosphérique en particulier) sur ces événements.

Dans ce but, nous avons mis au point des modèles biologiques adaptés à ce type d'étude (physiologie d'organe : microcolonies ; physiologie épithéliale : épithélium isolé ; physiologie cellulaire : cellules isolées, culture de cellules, préparation membranaire).

Publications : 26 publications (dont 3 revues invitées).  
Encadrement : 2 DESS, 3 DEA, 5 thèses

#### **4) Les endosymbioses marines : fonctionnement normal et stress environnemental. Impact sur les activités de l'hôte.**

Période : 1998 - 2008  
Institution d'accueil : Université de Nice-Sophia Antipolis, UMR 1112  
Statut : Professeur de Biologie (68ème section).

L'hyperoxie combinée aux rayonnements ultraviolets (UV) sont des facteurs promoteurs de la production de dérivés actifs de l'oxygène responsables des stress oxydatifs. Ces stress, en provoquant l'oxydation des macromolécules cellulaires, peuvent entraîner un dysfonctionnement métabolique et même la mort cellulaire. Si dans les conditions normales la concentration d'oxygène n'augmente pas au-delà de la concentration atmosphérique chez la plupart des organismes animaux, il n'en est pas de même chez certains invertébrés marins, comme les Cnidaires (coraux constructeurs de récifs et anémones de mer). En effet, ces organismes hébergent dans leurs tissus des Dinoflagellés chlorophylliens qui, grâce à la photosynthèse, induisent des variations de concentration en oxygène allant de la quasi anoxie à la forte hyperoxie (60%). De plus, ces organismes vivent près de la surface de l'eau et sont donc exposés à des intensités de rayonnements UV importants.

Dans le cadre de mon installation à l'Université de Nice-Sophia Antipolis au sein du laboratoire nouvellement créé, l'UMR intitulée "Réponse des Organismes aux Stress Environnementaux", j'ai ainsi choisi d'associer la bonne connaissance que j'avais acquise sur les endosymbioses marines pour tirer parti de leur exceptionnelle résistance aux stress "oxiques" (c'est-à-dire aux variations d'oxygène). L'étude de l'adaptation de ces organismes à des conditions abiotiques tout à fait exceptionnelles chez des animaux, mais naturelles pour eux, devrait permettre de mieux comprendre les mécanismes de résistance aux rayonnements solaires et de façon plus générale aux stress oxydants. L'étude de ces organismes pourrait également déboucher sur la mise en évidence d'une source d'origine marine de nouveaux composés antioxydants. D'autre part, les endosymbioses marines souffrant actuellement de pathologies à l'échelle de la planète (connue sous le nom de blanchissement), ils pourraient également constituer de bons modèles, et pourquoi pas un espèce indicatrice, des changements climatiques.

Cependant, il est impossible de dissocier la symbiose de ses effets sur la physiologie de l'hôte. Il est en effet connu que la lumière stimule fortement les processus de calcification des coraux, mais les mécanismes à l'origine de cette stimulation reste totalement hypothétique. Je m'intéresse donc à caractériser ces interactions par des approches physiologiques, biochimiques et moléculaires. Ces derniers travaux sont réalisés au sein du Centre Scientifique de Monaco que je dirige depuis octobre 2001.

Publications : 40 publications (dont 5 revues invitées).  
Encadrement : 7 DEA, 5 thèses

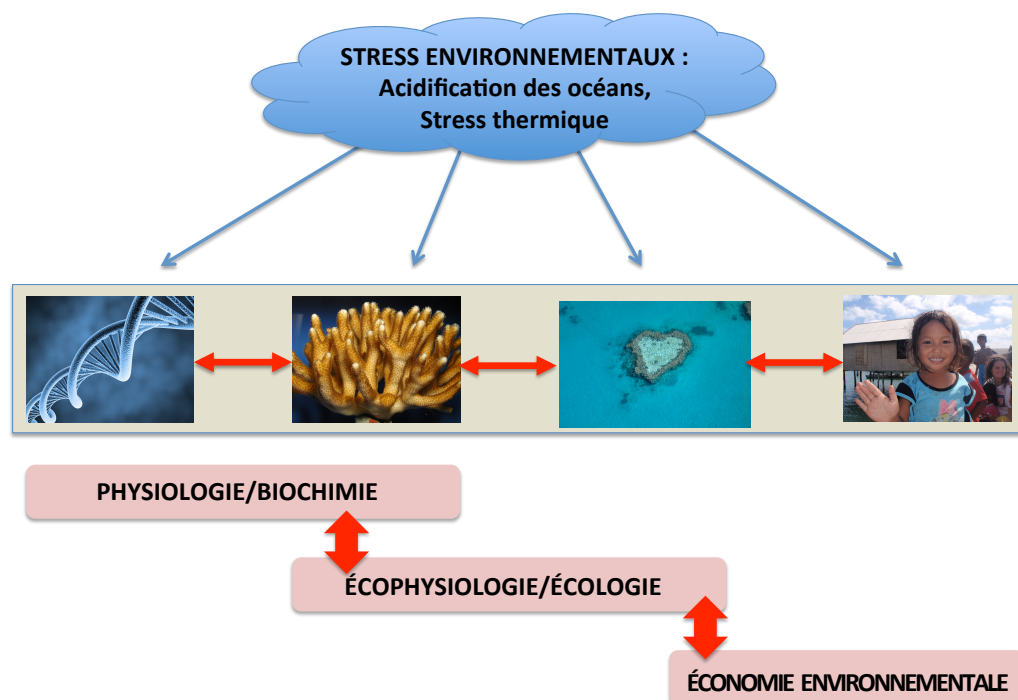
## 5) Physiologie et Écophysiologie des Cnidaires : Recherche fondamentale et appliquée.

Période : 2008 -  
Institution d'accueil : Centre Scientifique de Monaco  
Statut : Directeur Scientifique.

Les récifs coralliens en milieu tropical et le coralligène en milieu tempéré constituent de véritables oasis dans les océans, réunissant dans de très faibles surfaces une très forte biodiversité. Les récifs coralliens par exemple hébergent 30% de la biodiversité marine dans moins de 0,1% de la surface totale des océans. Ce succès écologique est à la base d'un écosystème original à très forte valeur pour l'homme (pêche, tourisme, protection des côtes...) mais malheureusement menacé par des atteintes locales ou globale (réchauffement, acidification des océans). La gestion de cet important écosystème nécessite une parfaite connaissance de la physiologie des organismes qui en sont les principaux architectes, les coraux.

Nos travaux visent à comprendre comment ces organismes construisent leur squelette. Ce processus est contrôlé à la fois par des paramètres internes (symbiose, nutrition) ou externe (lumière, acidification, température...). Pour cela des approches diverses sont utilisées, de la génomique (le génome de deux coraux est en cours d'élaboration) à l'écophysiologie en passant par la physiologie ou la biochimie. Par une collaboration étroite avec des économistes environnementaux, nos travaux prennent également en compte la dimension socio-économique de l'impact des changements climatiques et plus particulièrement de l'acidification des océans. Ils visent également à développer des liens étroits avec des équipes biomédicales afin d'élaborer des modèles ou de développer des médicaments issus de la mer.

Le CSM, par ses travaux, est actuellement positionné en seconde place dans son domaine parmi les laboratoires mondiaux en terme d'activité scientifique.



## **LISTE DES TRAVAUX ET PUBLICATIONS**

*Seules les publications dans des revues internationales à comités de lecture (rang A) sont numérotées. Les travaux réalisés avec des étudiants privilégient toujours ceux-ci dans l'ordre de citation, même si ma participation est effective à toutes les étapes de la recherche, de la conception de l'expérience à la rédaction, en passant par les manipulations elles-mêmes.*

**h index (5 janvier 2015) : 37**

**Nombre total de citations : 3687 (28,15 / article).**

### **1983**

DEA Allemand D. Caractérisation du transport de Valine chez l'oeuf d'oursin *Paracentrotus lividus*.  
Rapport de D.E.A. "Endocrinologie et Développement", Université de Montpellier II, 30 p.

### **1984**

- 1 Allemand D., De Renzis G., Ciapa B., Girard J.-P., Payan P. (1984) Characterization of valine transport in sea urchin eggs. *Biochim. Biophys. Acta* . 772 : 337-346.
- 2 Ciapa B., Allemand D., Payan P., Girard J.-P. (1984) Sodium -Potassium exchange in sea urchin eggs : II - ionic events stimulating the Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> pump activity at fertilization. *J. Cell. Physiol.* 121 (1) : 243-250.

### **1985**

- 3 Allemand D., De Renzis G., Maistre C., Girard J.-P., Payan P. (1985) Uptake of valine and alanine by a neutral amino acid carrier in sea urchin eggs. Cyclic variations in the early cleavage stage. *J. Memb. Biol.* 87 : 217-224.

### **1986**

- Thèse Allemand D. (1986). Étude de l'absorption des acides aminés neutres chez l'oeuf d'oursin. Stimulation des protéines membranaires de transport à la fécondation.  
Thèse de doctorat, Université de Montpellier II, 104 p.
- 4 Allemand D., De Renzis G., Payan P., Girard J.-P. (1986). Regulatory and energetic role of Na<sup>+</sup> in amino acid uptake by fertilized sea urchin eggs. *Develop. Biol.* 118 : 19-27.
  - 5 Allemand D., De Renzis G., Girard J.-P., Payan P. (1986). Activation of amino acid uptake at fertilization in the sea urchin egg. Requirement for proton compartmentalization during cytosolic alkalosis. *Exp. Cell. Res.* 169: 169-177.

### **1987**

- 6 ALLEMAND D., Ciapa B., (1987) De Renzis G. Effect of Cytochalasin B on the development of membrane-located transports in sea urchin egg at fertilization. *Develop. Growth and Differ.* 29 (4) : 333-340.

### **1988**

- 7 Allemand D., De Renzis G., Payan P., Girard J.-P., Vaissiere R. (1988) HgCl<sub>2</sub>-Induced cell injury. Effect on membrane-located transports in sea urchin eggs. *Toxicology.* 50 : 217-230.

### **1989**

- 8 Ciapa B., Allemand D., Payan P. (1989) Effect of the phorbol ester 12-0-Tetradecanoyl-phorbol-13-acetate (TPA) on sea urchin egg. Changes in Na<sup>+</sup>/H<sup>+</sup> and Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> exchange activities. *Exp. Cell. Res.* 185 : 407-418.
- 9 Walter P., Allemand D., De Renzis G., Payan P. (1989) Mediating effect of calcium in HgCl<sub>2</sub> cytotoxicity of the sea urchin egg *Paracentrotus lividus*. Role of mitochondria in Ca<sup>2+</sup>-mediated cell death. *Biochim. Biophys. Acta.* 1012 : 219-226 .
- 10 Allemand D., De Renzis G., Walter P., Delmas P. (1989) Alteration of ion transport as a mechanism of cell injury by HgCl<sub>2</sub>. *Marine Environmental Research* 28 : 227-230.
- 11 Allemand D., Pesando D., Biyiti L., De Renzis G. (1989) L'oeuf d'oursin: modèle d'étude en toxicologie et pharmacologie. *Vie Marine*. Hors-série 10 : 216-225.

## 1990

- HDR Allemand D. (1990) Transports membranaires de calcium et d'acides aminés : études physiologique et toxicologique. Application à l'écophysiologie des coraux.  
Rapport d'Habilitation à Diriger les Recherches, Université de Nice Sophia-Antipolis, 44 p.
- 12 Karez C., Allemand D., De Renzis G., Gnassia-Barelli M., Roméo M., Puisseux-Dao S. (1990) Calcium-cadmium interaction in the Prymnesiophyte. *Plant Cell and Environ.* 13 : 483-487.

## 1992

- 13 Allemand D., Grillo M.-C. (1992) Biocalcification mechanism in gorgonians.  $^{45}\text{Ca}$  uptake and deposition by the mediterranean red coral *Corallium rubrum*. *J. Exp. Zoology.* 262 : 237-246.

## 1993

- 14 Grillo M.-C., Goldberg W.M., Allemand D. (1993) Skeleton formation in Mediterranean red coral *Corallium rubrum*. *Mar. Biol.* 117 : 119-128
- 15 Allemand D., De Renzis G., Payan P. (1993) Effects of  $\text{HgCl}_2$  on intracellular pH in sea urchin eggs. Activation of  $\text{H}^+$  excretion and  $\text{Na}^+/\text{H}^+$  exchange activity. *Aquatic Toxicology* 26 : 171-184
- 16 Al-Moghrabi S., Allemand D., Jaubert J. (1993) Valine uptake by the scleractinian coral *Galaxea fascicularis* : characterization and effect of light and nutritional status. *J. Comp. Physiology* 163 : 355-362
- 17 Allemand D. (1993) The biology and skeletogenesis of the Mediterranean Red coral. A review. *Precious Corals and Octocorals Research.* 2 : 19-39

## 1994

- 18 Allemand D., Cuif J. P., Watabe N., Oishi M., Kawaguchi T. (1994). The organic matrix of skeletal structures of the Mediterranean Red Coral, *Corallium rubrum*. *Bull. Inst. Océanogr. Monaco*. Biomin 93. Numéro spécial 14 (1) : 129-139.

## 1995

- 19 Tambutté É., Allemand D., Jaubert J. (1995) The *Stylophora pistillata* microcolony: a model for studying calcium transport process during coral biomineralization. *Bull. Inst. Océanogr. Monaco*. Biomin 93. Numéro spécial 14 (2) : 79-87.
- 20 Tambutté É., Allemand D., Bourge I., Gattuso J.-P., Jaubert J. (1995) An improved  $^{45}\text{Ca}$  protocol for investigating physiological mechanisms in coral calcification. *Mar. Biol.* 122 (3) : 453-459
- 21 Al-Moghrabi S., Allemand D., Jaubert J. (1995) Fatty acids of the Scleractinian coral *Galaxea fascicularis* and its symbiont : effect of light and feeding. *J. Comp. Physiol.* 165 : 183-192
- 22 Ciapa B., Allemand D., De Renzis G. (1995) Effect of arachidonic acid on  $\text{Na}^+/\text{H}^+$  exchange and neutral amino acid transport in sea urchin eggs. *Exp. Cell Res.* 218 : 248-254

## 1996

- 23 Tambutté É., Allemand D., Mueller E., Jaubert J. (1996) A Compartmental approach to the mechanism of calcification in hermatypic corals. *J. Exp. Biol.* 199 : 1029-1041
- 24 Bénazet-Tambutté S., Allemand D., Jaubert J. (1996) Inorganic carbon supply to symbiont photosynthesis of the sea anemone, *Anemonia viridis*: role of the oral epithelial layers. *Symbiosis.* 20 : 199-217
- 25 Goiran C., Al-Moghrabi S., Allemand D., Jaubert J. (1996) Inorganic carbon uptake for photosynthesis by the symbiotic coral / dinoflagellate association. 1. Photosynthetic performances of symbionts and dependence on sea water bicarbonate. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 199 (2) : 207-225
- 26 Al-Moghrabi S., Goiran C., Allemand D., Jaubert J. (1996) Inorganic carbon uptake for photosynthesis by the symbiotic coral / dinoflagellate association. 2. Mechanisms for bicarbonate uptake. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 199 (2) : 227-248
- 27 Bénazet-Tambutté S., Allemand D., Jaubert J. (1996) Permeability of the oral epithelial layers in cnidarians. *Mar. Biol.* 126 : 43-53
- 28 Allemand D., Bénazet-Tambutté S. (1996) Dynamics of calcification in the mediterranean red coral, *Corallium rubrum*. *J. Exp. Zool.* 276 : 270-278

## 1997

- 29 Bénazet-Tambutté S., Allemand D. (1997) Water permeability of the oral epithelial layers of the sea anemone, *Anemonia viridis*. *J. Exp. Zool.* 279 : 1-8



- 30 Romaine S., Tambutté É., Allemand D., Gattuso J.-P. (1997) Photosynthesis, respiration and calcification of a zooxanthellate scleractinian coral under exposed and submersed conditions. *Marine Biology*. 129 (1) : 175-182
- 31 Goiran C., Allemand D., Galgani I. (1997) Regulation of Na<sup>+</sup> content in symbiotic dinoflagellates isolated from their host following immersion in seawater. *Marine Biology*. 279 : 1-8
- 32 Muscatine L., Tambutté É., Allemand D. (1997) Morphology of coral desmocytes, unique cells which anchor the calciblastic epithelium to the skeleton. *Coral Reefs*. 16 : 205-213
- 1998**
- 33 Furla P., Bénazet-Tambutté S., Allemand D. (1998) Diffusional permeability of inorganic carbon through the isolated oral epithelial layers of the sea anemone, *Anemonia viridis*. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 221 (1) : 71-88
- 34 Furla P., Bénazet-Tambutté S., Jaubert J., Allemand D. (1998) Functional polarity of the tentacle of the sea anemone, *Anemonia viridis*: Implication for inorganic carbon acquisition. *American J. Physiol.* 274 (Regulatory, Integrative & Comp. Physiol. 43) : R303-R310
- 35 Allemand D., Tambutté É., Girard J.-P., Jaubert J. (1998) Organic matrix synthesis in the Scleractinian coral, *Stylophora pistillata*: role in biomineralization and potential target of the organotin TBT. *J. Exp. Biol.* 201 : 2001-2009
- 36 Allemand D., Furla P., Bénazet-Tambutté S. (1998) Mechanisms of carbon acquisition for endosymbiont photosynthesis by symbiotic Anthozoa. *Can. J. Bot. (Revue invitée)*. 76 (6) : 925-941
- 37 Ferrier-Pagès C., Gattuso J.-P., Cauwet G., Jaubert J., Allemand D. (1998) Release of dissolved organic carbon and nitrogen by the zooxanthellate coral *Galaxea fascicularis*. *Mar. Ecol. Prog. ser.* 172 : 265-274.
- 38 Ferrier-Pagès C., Allemand D., Gattuso J.-P., Jaubert J., Rassoulzadegan F. (1998) Micro-heterotrophic versus autotrophic nutrition in the zooxanthellate coral, *Stylophora pistillata*. *Limnol. Oceanograph.* 43 (7) : 1639-1648
- 39 Muscatine L., Ferrier-Pagès C., Blackburn A., Gates R., Baghdasarian G., Allemand D. (1998) Cell-specific density of symbiotic dinoflagellates in tropical anthozoans. *Coral Reefs* 17 : 329-337
- 1999**
- 40 Gattuso J.-P., Allemand D., Frankignoulle M. (1999). Photosynthesis and calcification at cellular, organismal and community levels in coral reefs: a review on interactions and control by carbonate chemistry. *American Zoologist* 39 (1): 160-183
- 41 Zoccola D., Tambutté É., Sénégas-Balas F., Michiels J.-F., Failla J.-P., Jaubert J., Allemand D. (1999) Cloning of calcium channel  $\alpha 1$  subunit from the reef-building coral, *Stylophora pistillata*. *Gene* 227 : 157-167
- 2000**
- 42 Furla P., Allemand D., Orsenigo M.-N. (2000) Involvement of H<sup>+</sup>-ATPase and Carbonic Anhydrase in Inorganic Carbon Absorption for Endosymbiont Photosynthesis in Anthozoa. *Amer. J. Physiol.* (Regulatory, Integrative & Comp. Physiol.). 278 : R870-R881.
- 43 Allemand D., Zoccola D., Tambutté É. (2000) Physiological mechanisms underlying Biomineralization Process in the Scleractinian coral *Stylophora pistillata*. In : Chemistry and Biology of Mineralized tissues. American Academy of Orthopaedic Surgeons. Pp. 3-6.
- 44 Furla P., Allemand D. (2000) Nos ancêtres les coraux... *Médecine/Sciences*. 16 : 1139-1140.
- 45 Furla P., Galgani I., Durand I., Allemand D. (2000) Sources and mechanisms of inorganic carbon transport for coral calcification and photosynthesis. *J. Exp. Biol.* 203 : 3445-3457.
- 2002**
- 46 Ferrier-Pagès C., Boisson F., Allemand D., Tambutté É. (2002) Kinetics of strontium uptake in the scleractinian coral *Stylophora pistillata*. Implications for paleoclimatologic studies *Mar. Ecol. Progress Ser.* 245 : 93-100
- 2003**
- 47 Richier S., Merle P.-L., Furla P., Pigozzi D., Sola F., Allemand D. (2003) Characterization of superoxide dismutases in anoxia- and hyperoxia-tolerant symbiotic Cnidarians. *Biochim. Biophys. Acta.* 1621 : 84-91.
- 48 Borelli G., Guibbolini M.E., Mayer-Gostan N., Priouzeau F., De Pontual H., Allemand D., Puverel S., Tambutte E., Payan P. (2003) Daily variations of endolymph composition: relationship with otolith calcification process in trout. *J. Exp. Biol.* 206 : 2685-2692.

- 49 Borelli G., Mayer-Gostan N., Merle P.-L., De Pontual H., Bœuf G., Allemand D., Payan P. (2003) Composition of biomineral organic matrices with a special emphasis on turbot (*Psetta maxima*) otolith and endolymph. *Calcified Tissue Int.* 72 : 717-725.
- 50 Grover R., Maguer J.-F., Allemand D., Ferrier-Pagès C. (2003) Nitrate uptake in the scleractinian coral *Stylophora pistillata*. *Limnol. Oceanogr.* 48 (6) : 2266-2274.
- 51 Allemand D., Furla P., Merle P.-L., Plantivaux A., Richier S., Tambutté S. (2003) Adaptation à la vie en symbiose des Cnidaires à zooxanthelles. *Océanis.* 29 (3-4) : 261 - 290
- 52 Juillet-Leclerc A., Allemand D., Blamart D., Cuif J.-P., Dauphin Y., Ferrier-Pagès C., Reynaud S., Rollion-Bard C. (2003) Les coraux : archives des océans tropicaux. *Océanis.* 29 (3-4) : 303 - 323
- 2004**
- 53 Zoccola D., Tambutté É., Kulhanek E., Puverel S., Scimeca J.-C., Allemand D., Tambutté S. (2004) Molecular cloning and localization of a PMCA P-type calcium ATPase from the coral *Stylophora pistillata*. *Biochim. Biophys. Acta (Biomembranes).* 1663 (1-2) : 117-126.
- 54 Houllbrèque F., Tambutté É., Allemand D., Ferrier-Pagès C. (2004) Interactions between zooplankton feeding, photosynthesis and skeletal growth in the scleractinian coral *Stylophora pistillata*. *J. Exp. Biol.* 207 : 1461-1469
- 55 Tentori E., Allemand D., Shepherd R. (2004) Using microcolonies in soft coral studies: Growth rates in *Litophyton arboreum*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 276 : 85 – 92
- 56 Plantivaux A., Furla P., Zoccola D., Garello G., Forcioli D., Richier S., Merle P.-L., Tambutté É., Tambutté S., Allemand D. (2004) Molecular characterization of two CuZn-superoxide dismutases in a sea anemone. *Free Radical Biology and Medicine.* 37 (8) : 1170-1181
- 57 Domart-Coulon I., Tambutté S., Tambutté E., Allemand D. (2004) Short term viability of soft tissue detached from the skeleton of reef-building corals. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 309: 199-217.
- 58 Allemand D., Payan P., Borelli G., Bouchot A., Durand I., Furla P., Mayer-Gostan N., Merle P.-L., Priouzeau F., Puverel S., Tambutté É., Tambutté S. (2004) Ion transport and biomineralization inferences from coral and fish otolith studies. Biomineralization (BIOM2001) : formation, diversity, evolution and application. Proceedings of the 8th International Symposium on Biomineralization. Kiobayashi I. & Ozawa H. Eds. Tokai University Press, Kanagawa. Pp. 115-122.
- 59 Allemand D., Ferrier-Pagès C., Furla P., Houllbrèque F., Puverel S., Reynaud S., Tambutté É., Tambutté S., Zoccola D. (2004) Biomineralization in reef-building corals : from molecular mechanisms to environmental control. *C.R. Acad. Sc. Paris Palévol.* 3 : 453-467
- 60 Reynaud S., Ferrier-Pagès C., Boisson F., Allemand D., Fairbanks R.G. Effect of light and temperature on calcification and strontium uptake in the scleractinian coral *Acropora verweyi*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 279 : 105 - 112
- 2005**
- 61 Richier S., Furla P., Plantivaux A., Merle P.-L., Allemand D. (2005) Symbiosis-induced adaptation to oxydative stress. *J. Exp. Biol.* 208 : 277-285
- 62 Muscatine L., Goiran C., Lynton L., Jaubert J., Cuif J.-P., Allemand D. (2005) Stable isotope composition (<sup>13</sup>C, <sup>15</sup>N) of scleractinian coral skeletal organic matrix : implication for the use of δ<sup>15</sup>N as a symbiosis-specific marker. *Proc. Natl. Acad. Sci. (USA).* 102: 1525-1530
- 63 Puverel S., Tambutté E., Zoccola D., Domart-Coulon I., Bouchot A., Lotto S., Allemand D., Tambutté S. (2005) Antibodies against the organic matrix in scleractinians: a new tool to study coral biomineralization. *Coral Reefs* 24 : 149-156
- 64 Shick J.M., Ferrier-Pagès C., Grover R., Allemand D. (2005) Effects of starvation, ammonium concentration, and photosynthesis on the UV-dependent accumulation of mycosporine-like amino acids (MAAs) in the coral *Stylophora pistillata*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 295 : 135-156
- 65 Puverel S., Tambutté É., Pereira-Mouriès L., Zoccola D., Allemand D., Tambutté S. (2005) Soluble organic matrix of two scleractinian corals: partial and comparative analysis. *Comp. Biochem. Physiol.* 141B (4) : 480-487
- 66 Furla P., Allemand D., Shick J.M., Ferrier-Pagès C., Richier S., Plantivaux A., Merle P.-L., Tambutté S. (2005) The symbiotic Cnidarian : a physiological chimera between Alga and Animal. *Integrative Comp. Biol.* (Formerly *Amer Zool*). 45 (4) : 595–604.
- 67 Ferrier-Pagès C., Houllbrèque F., Wyse E., Richard R., Allemand D., Boisson F. (2005) Bioaccumulation of zinc in the scleractinian coral *Stylophora pistillata*. *Coral reefs* 24 (4) : 636 – 645.
- 2006**
- 68 Guibbolini M., Borelli G., Mayer-Gostan N., Priouzeau F., De Pontual H., Allemand D., Payan P. (2006) Characterization and variations of organic parameters in teleost fish endolymph during day–night cycle, starvation and stress conditions. *Comp. Biochem. Physiol. A* 145 (1) : 99 - 107

- 69 Grover, R., Maguer J.-F., Allemand D., Ferrier-Pagès C. (2006) Urea uptake by the scleractinian coral *Stylophora pistillata*. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **332**: 216-225.
- 70 Meibom A., Yurimoto H., Cuif J.-P., Domart-Coulon I., Houlbrequé F., Constantz B., Dauphin Y., Tambutté È., Tambutté S., Allemand D., Wooden J., Dunbar R. (2006) Vital effects in coral skeletal composition display strict three-dimensional control. *Geophysical Research Letters* **33** (11): L11608 ; Doi : 10.1029/2006GL025968
- 71 Richier S., Sabourault C., Courtiade J., Zucchini N., Allemand D., Furla P. (2006) Oxidative stress induces apoptotic events during thermal stress in the symbiotic sea anemone, *Anemonia viridis*. *FEBS journal.* **273**: 4186 – 4198
- 72 Rodolfo-Metalpa R., Richard C., Allemand D., Bianchi C.N., Morri C., Ferrier-Pagès C. (2006). Response of zooxanthellae in symbiosis with the Mediterranean corals *Cladocora caespitosa* and *Oculina patagonica* to elevated temperatures. *Mar. Biol.* **150**: 45 – 55
- 73 Rodolfo-Metalpa R., Richard C., Allemand D., Ferrier-Pagès C. (2006) Growth and photosynthesis of two Mediterranean corals, *Cladocora caespitosa* and *Oculina patagonica*, under normal and elevated temperatures. *J. Exp. Biol.* **209**: 4546-4556
- 74 Moya A., Tambutté S., Tambutté È., Zoccola D., Caminiti N., Allemand D. (2006) Study of calcification during a daily cycle of the coral *Stylophora pistillata*. Implications for “Light-Enhanced Calcification”. *J. Exp. Biol.* **209**: 3413-3419
- 75 Tentori E., Allemand D. (2006) Light-enhanced calcification in isolates of the soft coral *Cladiella* sp. during tissue recovery. *Biol. Bull.* **211**: 193-202

## 2007

- 76 Merle P.-L., Sabourault C., Richier S., Allemand D., Furla P. (2007) Catalase characterization and implication in bleaching of a symbiotic sea anemone. *Free Radic Biol Med.* **42**(2) : 236-46
- 77 Tambutté S., Tambutté È., Zoccola D., Caminiti N., Lotto S., Moya A., Allemand D., Adkins J. (2007) Characterization and role of carbonic anhydrase in the calcification process of the azooxanthellate coral *Tubastrea aurea*. *Mar Biol.* **151**: 71-83
- 78 Puverel S., Houlbrequé F., Tambutté E., Zoccola D., Payan P., Tambutté S., Allemand D. (2007) Evidences of low molecular weight components in the organic matrix of the reef building coral, *Stylophora pistillata*. *Comp. Biochem. Physiol.* **147A**: 850-856
- 79 Ferrier-Pagès C., Richard C., Forcioli D., Allemand D., Pichon M., Shick J.M. (2007) Effects of temperature and UV radiation on photosynthetic efficiency in four scleractinian coral species. *Biol. Bull.* **213**: 76-87
- 80 Tambutté È., Allemand D., Zoccola D., Meibom A., Lotto S., Caminiti N., Tambutté S. (2007) Observations of the tissue-skeleton interface in the scleractinian coral *Stylophora pistillata*. *Coral Reefs.* **26**(3) : 517-529
- 81 Al-Horani F., Tambutté È., Allemand D. Dark calcification and the daily rhythm of calcification in the scleractinian coral, *Galaxea fascicularis*. *Coral Reefs.* **26** (3) : 531-538
- 82 Cvejic J., Tambutté S., Lotto S., Mikov M., Slacanin I., Allemand D. (2007) Determination of canthaxanthin in the red coral (*Corallium rubrum*) from Marseille by HPLC combined with UV and MS detection. *Mar. Biol.* **152**: 855-862
- 83 Giunti C., Priouzeau F., Allemand D., Levraut J. Effect of Tris-Hydroxy-methyl Aminomethane on intracellular pH depends on the extracellular non-bicarbonate buffering capacity. *Transl. Res.* **150** (6) : 350 – 356
- 84 Reynaud S., Ferrier-Pagès C., Meibom A., Mostefaoui S., Mortlock R., Fairbanks R., Allemand D. (2007). Light and temperature effects on Sr/Ca and Mg/Ca ratios in the scleractinian coral *Acropora* sp. *Geochim. Cosmochim. Acta* **71**: 354-362

## 2008

- 85 Grover R., Maguer J.-F., Allemand D., Ferrier-Pagès C. (2008) Uptake of dissolved free amino acids by the scleractinian coral *Stylophora pistillata*. *J. Exp. Biol.* **211**: 860-865
- 86 Richier S., Furla P., Cottalorda J.-M., Guillaume M., Fernandez C., Merle P.-L., Allemand D. (2008) Depth-dependant response to light of the reef building coral, *Pocillopora verrucosa*: implication of oxidative stress. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **357**: 48-56
- 87 Marubini F., Ferrier-Pagès C., Furla P., Allemand D. Coral calcification responds to seawater acidification: a working hypothesis towards a physiological mechanism. *Coral Reefs.* **27** (3) : 491-499
- 88 Moya A., Ferrier-Pagès C., Furla P., Richier S., Tambutté È., Allemand D., Tambutté È. (2008) Calcification and associated physiological parameters during a stress event in the scleractinian coral *Stylophora pistillata*. *Comp. Biochem. Physiol.* **151**: 29-36
- 89 Moya A., Tambutté S., Lotto S., Allemand D., Zoccola D. Carbonic anhydrase in the scleractinian coral *Stylophora pistillata*: characterization, localization and role in biomineralization. *J. Biol. Chem.* **283** (37) : 25475-25484

- 90 Rodolfo-Metalpa R., Reynaud S., Allemand D., Ferrier-Pagès C. (2008) Temporal and depth responses of two temperate corals, *Cladocora caespitosa* and *Oculina patagonica* from the North Mediterranean Sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **369**: 103-114
- 91 Cvejjic J, Tambutté S, Lotto S, Mikov M, Slacanin I, Allemand D (2008) Reply to the comment of Fritsch and Karampelas on « "Determination of canthaxanthin in the red coral (*Corallium rubrum*) from Marseille by HPLC combined with UV and MS detection" by Cvejjic et al. (2007) *Mar. Biol.* **152**: 855–862 ». *Mar. Biol.* **154**: 931–932
- 92 Moya A., Tambutté S., Béranger G., Gaume B., Scimeca J.-C., Allemand D., Zoccola D. (2008) Cloning and use of a coral 36B4 gene to study the differential expression of coral genes between light and dark conditions. *Mar. Biotech.* **10**: 653-663
- 2009**
- 93 Bertucci A., Innocenti A., Zoccola D., Scozzafava A., Allemand D., Tambutté S., Supuran C.T. (2009) Carbonic anhydrase inhibitors: Inhibition studies of a coral secretory isoform with inorganic anions. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters.* **19**(3): 650-653
- 94 Zoccola D., Moya A., Béranger G.E., Tambutté É., Allemand D., Carle G.F., Tambutté S. (2009) Specific Expression of BMP2/4 Ortholog in Biomineralizing tissues of corals and action on mouse BMP receptor. *Mar. Biotech.* **11**: 260-269
- 95 Weis V., Allemand D. What determines coral health? (2009) *Science.* **324**: 1153-1155.
- 96 Vidal-Dupiol J., Adjeroud M., Roger E., Fouré L., Duval D., Moné Y., Ferrier-Pagès C., Tambutté É., Tambutté S., Zoccola D., Allemand D., Mita G. (2009) Coral Bleaching Under Thermal Stress: Putative Involvement of Host/Symbiont Recognition Mechanisms. *BMC Physiology.* **9**: 14. Doi : 10.1186/1472-6793-9.14
- 97 Sabourault C., Ganot P., Deleury E., Allemand D., Furla P. (2009) Comprehensive EST analysis from the symbiotic sea anemone, *Anemonia viridis*. *BMC Genomics.* **10**: 333. Doi : 10.1186/1471-2164-10-333
- 98 Venn A.A., Tambutté É., Lotto S., Zoccola D., Allemand D., Tambutté S. (2009) Intracellular pH in Symbiotic Cnidarians. *Proc. Natl. Acad. Sci. (USA).* **106**: 16574-16579.
- 99 Ferrier-Pagès C., Tambutté É., Zamoum T., Caminiti N., Merle P.-L., Bensoussan N., Allemand D., Garrabou J., Tambutté S. (2009) Physiological response of the symbiotic gorgonian *Eunicella singularis* to a long-term temperature increase. *J. Exp. Biol.* **212**: 3007-3015
- 100 Juillet-Leclerc A., Reynaud S., Rollion-Bard C., Cuif J.-P., Dauphin Y., Blamart D., Ferrier-Pagès C., Allemand D. (2009) Oxygen isotopic signature of the microstructures identified in cultured coral skeleton: identification of some vital effects. *Geochim. Cosmochim. Acta.* **73**(18): 5320-5332.
- 101 Reynaud S., Martinez P., Houllbrèque F., Billy I., Allemand D., Ferrier-Pagès C. (2009) Effect of light and feeding on the nitrogen isotopic composition of the zooxanthellate coral *Stylophora pistillata*: Suggestion of a nitrogen pathway in corals. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **392**: 103–110.
- 2010**
- 102 Tsounis G., Orejas C., Reynaud S., Gili J.-M., Allemand D., Ferrier-Pagès C. (2010) Prey-capture rates in four Mediterranean cold water corals. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **398**: 149-155
- 103 Bertucci A., Tambutté É., Tambutté S., Allemand D., Zoccola D. (2010) Symbiosis-dependent gene expression in coral-dinoflagellate association: cloning and characterization of a P-type H<sup>+</sup>-ATPase gene. *Proc. R. Soc. B.* **277**: 87-95
- 2011**
- 104 Debreuil J., Tambutté S., Zoccola D., Segonds N., Techer N., Allemand D., Tambutté É. (2011). Comparative analysis of soluble organic matrix of axial skeleton and sclerites of *Corallium rubrum*: Insights for biomineralization. *Comp Biochem Physiol B Biochem Mol Biol.* **159**: 40-48
- 105 Orejas C., Ferrier-Pagès C., Reynaud S., Gori A., Beraud É., Tsounis G., Allemand D., Gili J.-M. (2011) Long-term growth rates measurements of four Mediterranean cold water coral species (*Madrepora oculata*, *Lophelia pertusa*, *Desmophyllum cristagalli* and *Dendrophyllia cornigera*) maintained in aquaria. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **429**: 57-65
- 106 Pey A., Zamoum T., Tambutté É., Allemand D., Furla P., Merle P.-L. Depth-dependant thermotolerance of the symbiotic Mediterranean gorgonian *Eunicella singularis*: evidence from cellular stress markers. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **404**: 73 – 78
- 107 Orejas C., Ferrier-Pagès C., Reynaud S., Tsounis G., Allemand D., Gili J.-M. Experimental comparison of skeletal growth rates in the cold-water corals *Madrepora oculata* Linnaeus, 1758 and three tropical scleractinian corals. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **405**: 1 – 5

- 108 Ganot P., Moya A., Magnone V., Allemand D., Furla P., Sabourault C. Adaptations to Endosymbiosis in a Cnidarian-Dinoflagellate association: differential gene expression and specific gene duplications. *Plos Genetics*. 7 (7) : e1002187. Doi : 10.1371/journal.pgen.1002187
- 109 Venn A.A., Tambutté É., Holcomb M., Allemand D., Tambutté S. (2011) Live tissue imaging shows reef corals elevate pH under their calcifying tissue relative to seawater. *Plos One* 6 (5) : e20013, doi:10.1371/journal.pone.0020013
- 110 Godinot C., Grover R., Allemand D., Ferrier-Pagès C. (2011). High phosphate uptake requirements of the scleractinian coral species. *J. Exp. Biol.* 214 : 2749-2754
- 111 Bertucci A., Tambutté S., Supuran C., Allemand D., Zoccola D. (2011). A new carbonic anhydrase in the coral *Stylophora pistillata*. *Mar. Biotech.* 13 : 992-1002
- 112 Tambutté S., Holcomb M., Ferrier-Pagès C., Reynaud S., Tambutté É., Zoccola D., Allemand D. (2011). Coral biomineralization: from the gene to the environment. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* (invited review). 408 : 58-78.
- 113 Forcioli D., Merle P.-L., Caligara C., Ciosi M., Muti C., Francour P., Cerrano C., Allemand D. Symbiont diversity is not involved in depth adaptation in the Mediterranean symbiotic sea whip *Eunicella singularis*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 439 : 57-71
- 114 Debreuil J., Tambutté S., Zoccola D., Segonds N., Techer N., Marschal C., Allemand D., Kosuge S., Tambutté É. (2011). Specific organic matrix characteristics in skeletons of *Corallium* species. *Mar. Biol.* 158 : 2765-2774.

## 2012

- 115 Tambutté É., Tambutté S., Segonds N., Zoccola D., Venn A., Erez J., Allemand D. (2012). Ion supply for coral biomineralization: insights from calcein labelling and electrophysiology. *Proc. Royal Society B*. 279(1726) : 19-27.
- 116 Davy S.K., Allemand D., Weis V.M. (2012) The cell biology of cnidarian-dinoflagellate symbiosis. *Microbiol. Mol. Biol. Rev.* 76(2): 229 – 261.
- 117 Debreuil J., Tambutté É., Zoccola D., Deleury E., Guignon J.-M., Samson M., Allemand D., Tambutté S. Molecular cloning and characterization of first organic matrix protein from sclerites of Red Coral *Corallium rubrum*. *J. Biol. Chem.* 287 (23) : 19367-19376.

## 2013

- 118 Bertucci A., Moya A., Tambutté S., Allemand D., Supuran C.T., Zoccola D. (2013) Carbonic anhydrases in Anthozoan corals – A review. *Bioorganic & Medicinal Chemistry*. 21 : 1437 - 1450
- 119 Venn A, Tambutté É., Holcomb M., Laurent J., Allemand D., Tambutté S. (2013) Impact of seawater acidification on pH at the tissue-skeleton interface and calcification in reef corals. *Proc. Natl. Acad. Sci. (USA)*. 110 (5) : 1634 – 1639 (doi: 10.1073/pnas.1216153110)
- 120 Laurent J., Tambutté S., Tambutté É., Allemand D., Venn A. (2013) The influence of photosynthesis on intracellular pH in Corals. *J. Exp. Biol.* 216 : 1398 – 1404 (doi:10.1242/jeb.082081)
- 121 Vidal-Dupiol J., Zoccola D., Tambutté É., Grunau C., Cosseau C., Smith K.M., Freitag M., Dheilily N.M., Allemand D., Tambutté S. (2013) Genes Related to Ion-Transport and Energy Production Are Upregulated in Response to CO<sub>2</sub>-Driven pH Decrease in Corals: New Insights from Transcriptome Analysis *Plos One*. 8(3): e58652 (doi:10.1371/journal.pone.0058652)
- 122 Hilmi N., Allemand D., Dupont S., Safa A., Haraldsson G., Nunes P.D., Moore C., Hattam C., Reynaud S., Hall-Spencer J.M., Fine M., Turley C., Jeffree R., Orr J., Munday P.L., Cooley S. How to evaluate the socio-economic impacts of ocean acidification? *Mar. Biol.* (doi : 10.1007/s00227-012-2031-5). 160 (8) : 1773 – 1787.

## 2014

- 123 Laurent J., Venn A., Tambutté É., Ganot P., Allemand D. Tambutté S. Regulation of intracellular pH in cnidarians: response to acidosis in *Anemonia viridis*. *FEBS Journal*. 281 : 683 - 695.
- 124 Liew Y.J., Manuel Aranda, Adrian Carr, Sebastian Baumgarten, Didier Zoccola, Sylvie Tambutté, Denis Allemand, Gos Micklem, Christian R Voolstra. Identification of microRNAs in the coral *Stylophora pistillata*. *PloS One*. 9 (3): e91101
- 125 Holcomb M., Tambutté É., Tambutté S., Allemand D. Light-enhanced calcification in *Stylophora pistillata*: effects of glucose, glycerol and oxygen. *PeerJ*. 2:e375. DOI 10.7717/peerj.375
- 126 Karako-Lampert S., Zoccola D., Salmon-Divon M., Katzenellenbogen M., Tambutté S., Bertucci A., Hoegh-Guldberg O., Deleury E., Allemand D., Levy O. Transcriptome Analysis of the scleractinian coral *Stylophora pistillata*. *Plos One* 9(2) : e88615

- 127 Hilmi N, Allemand D, Cinar M, Cooley S, Hall-Spencer JM, Haraldsson G, Hattam C, Jeffree R A, Orr J C, Rehdanz K, Reynaud S, Safa A, Dupont S. Exposure of Mediterranean Countries to Ocean Acidification. *Water* 6: 1719-1744
- 128 Holcomb M, Venn A, Tambutté É., Tambutté S., Allemand D., Trotter J., McCulloch J.M. Coral calcifying fluid pH dictates response to ocean acidification. *Scientific Reports*. 4: 5207
- 129 Allemand D (2014) Centre Scientifique de Monaco moves to the Harbour - 20 tonnes of seawater on a roof! *Reef Encounter* 29: 12-13.

## 2015

- 130 Allemand D (2015) Institute Profile: The Centre Scientifique de Monaco—A Reference in the Study of Coral and Polar Biology. *ASLO*: 22-23.
- 131 Zoccola D., Ganot P., Bertucci A., Caminiti-Segonds N., Techer N., Voolstra C.R., Aranda M., Tambutté É., Allemand D., Casey J.R., Tambutté S. (2015) Bicarbonate transporters in corals point towards a key step in the evolution of cnidarian calcification. *Scientific Reports* 5, 9983. doi:10.1038/srep09983
- 130 Tambutté É., Venn A.A., Holcomb M., Segonds N., Techer N., Zoccola D., Allemand D., Tambutté S. (2015) Morphological plasticity of the coral skeleton under CO<sub>2</sub>-driven seawater acidification. *Nature Communications* 6, 7368. doi:10.1038/ncomms8368
- 130 Gattuso J.-P., Magnan A., Billé R., Cheung W. W. L., Howes E. L., Joos F., Allemand D., Bopp L., Cooley S. R., Eakin C. M., Hoegh-Guldberg O., Kelly R. P., Pörtner H.-O., Rogers A.D., Baxter J. M., Laffoley D., Osborn D., Rankovic A., Rochette J., Sumaila U. R., Treyer S., Turley C. (2015) Contrasting futures for ocean and society from different anthropogenic CO<sub>2</sub> emissions scenarios. *Science*. 349 (6243) : aac4722 [DOI:10.1126/science.aac4722]
- 131 Ganot P., Zoccola D., Tambutté É., Voolstra C.R., Aranda M., Allemand D., Tambutté S. (2015) Structural molecular components of Septate Junctions in cnidarians point to the origin of epithelial junctions in Eukaryotes. *Mol Biol Evol*. 32: 44-62

## 2016

- 132 van de Water J., Melkonian R., Junca H., Voolstra C., Reynaud S., Allemand D., Ferrier-Pages C. (2016) Spirochaetes dominate the microbial community associated with the red coral *Corallium rubrum* - a novel bacterial association within Anthozoans. *Scientific Reports* 6:27277 | DOI: 10.1038/srep27277
- 133 Le Goff C., Ganot P., Zoccola P., Caminiti-Segonds N., Allemand D., Tambutté S. (2016) Carbonic anhydrases in cnidarians: novel perspectives from the octocorallian *Corallium rubrum*. *Plos One* 11(8) : e0160368
- 134 van de Water J, Melkonian R, Voolstra C. R, Junca H, Beraud E, Allemand D, Ferrier-Pagès C (2016) Comparative Assessment of Mediterranean Gorgonian-Associated Microbial Communities Reveals Conserved Core and Locally Variant Bacteria. *Microbial Ecology*. 73(2): 466-478

## 2017

- 135 Comeau S., Tambutté É., Carpenter R.C., Edmunds P.J., Evensen N.R, Allemand D., Ferrier-Pagès C., Tambutté S., Venn A. (2017) Coral calcifying fluid pH is modulated by seawater carbonate chemistry not solely seawater pH. *Proceedings Royal Soc. B*. 284(1847) : 20161669
- 136 Raybaud R., Tambutté S., Ferrier-Pagès C., Reynaud S., Venn A.A., Tambutté É., Nival P., Allemand D. (2017) Computing the carbonate chemistry of the coral calcifying medium and its response to ocean acidification. *J. Theor Biol*. 424 : 26-36
- 137 Beau N., Allemand D., Molinatti E., Claessens Y.-E. (2017) Intoxication à la palytoxine ou la légende de Limu-make-o'hana. *Annales Française de Médecine d'urgence* 7(1): 52-54
- 138 Le Goff Carine, Tambutté Éric, Venn Alexander A., Techer Nathalie, Allemand Denis, Tambutté Sylvie (2017). *In vivo* pH measurements at the site of calcification in an octocoral. *Scientific Reports* 7 : 11210 (doi : 10.1038/s41598-017-10348-4).
- 139 van de Water J., Voolstra C.R., Rottier C., Cocito S., Peirano A., Allemand D., Ferrier-Pagès C. Seasonal stability in the microbiomes of temperate gorgonians and the red coral *Corallium rubrum* across the Mediterranean Sea. *Microbial Ecology*. 75 (1) : 274 - 288
- 140 Zoccola D., Morain J., Pagès G., Caminiti-Segonds N., Giuliano S., Tambutté S., Allemand D. (2017). Structural and functional analysis of coral Hypoxia Inducible Factor. *Plos One* 12(11) : e0186262
- 141 Voolstra C.R., Li Y., Liew Y.J., Baumgarten S., Zoccola D., Flot J.-F, Tambutté S., Allemand D., Aranda M. (2017). Comparative analysis of the genomes of *Stylophora pistillata* and *Acropora digitifera* provides evidence for extensive differences between species of corals. *Scientific Reports* 7 : 17583, doi:10.1038/s41598-017-17484-x

**2018**

- 142 Allemand D., Furla P. (2018). How does an animal behave like a plant? Physiological and molecular adaptations of zooxanthellae and their hosts to symbiosis. *Comptes-Rendus Biologies*. 341 (5) : 276 - 280
- 143 van de Water J., Allemand D., Ferrier-Pagès C. (2018) Host-Microbe Interactions in Octocoral holobionts– Recent advances and perspectives. *Microbiome* 6 (1) : 64
- 144 Liew Y.J., Zoccola D., Li Y., Tambutté É., Venn A.A., Michell C.T., Cui G., Deutekom E.S., Kaandorp J.A., Voolstra C.R., Forêt S., Allemand D., Tambutté S., Aranda M. (2018). Epigenome-associated phenotypic acclimatization to ocean acidification in a reef-building coral. *Sciences Advances*. 4 : aar8028
- 145 Pioch S., Relini G., Souche J.C., Stive M.J.F., De Monbrison D., Nassif S., Simard, F., Allemand D., Saussol P., Spieler R.E., Kilfoyle K. (2018). Enhancing eco-engineering of coastal infrastructure with eco-design: moving from mitigation to integration. *Ecological Engineering*. Doi : 10.1016/j.ecoleng.2018.05.034
- 146 Hilmi N., Safa A., Reynaud S., Allemand D. (2018). Coral-based tourism in Egypt's Red Sea. *Coral Reefs-Tourism, Conservation and Management Part I* (3): 29-43

**2019**

- 147 Allemand D., Osborn D. (2019). Ocean Acidification impacts on coral reefs : from sciences to solutions. *Regional Studies in Marine Science*. 28 (<https://doi.org/10.1016/j.rsma.2019.100558>).
- 148 Fel J.-P., Lacherez C., Bensetra A., Mezzache S., Béraud É., Léonard M., Allemand D., Ferrier-Pagès C. Photochemical response of the scleractinian coral *Stylophora pistillata* to some sunscreen ingredients. *Coral Reefs*. 38(1) : 109-122.
- 149 Planes S., Allemand D., Agostini S., Banaigs B., Boissin E., Boss E., Bourdin G., Bowler C., Douville É., Flores J.-M., Forcioli D., Furla P., Galand P.E., Ghiglione J.-F., Gilson É., Lombard F., Moulin C., Pesant S., Poulain J., Reynaud S., Romac S., Sullivan M.B., Sunagawa S., Thomas O.P., Troublé R., de Vargas C., Vega Thurber R., Voolstra C.R., Wincker P., Zoccola D. (2019). The Tara Pacific expedition—A pan-ecosystemic approach of the “-omics” complexity of coral reef holobionts across the Pacific Ocean. *Plos Biol*. 17(9) : e3000483.
- 150 Cuny-Guirriec K., Douville É., Reynaud S., Allemand D., Bordier L., Canesi M., Mazzoli C., Taviani M., Canese S., McCulloch M. (2019). Coral Li/Mg thermometry: Caveats and constraints. *Chem Geol*. 523: 162-178.
- 151 Fine M., Cinar M., Voolstra C., Safa A., Rinkevich B., Laffoley D., Hilmi N., Allemand D. (2019). Coral reefs of the Red Sea - Challenges and potential solutions. *Regional Studies in Marine Science* 25: 100198.
- 152 Venn A.A., Tambutté É., Caminiti Segonds N., Técher N., Allemand D., Tambutté S. (2019). Effects of light and darkness on pH regulation in three coral species exposed to seawater acidification. *Sci Rep*. 9(1):2201
- 153 Gorsky G., Bourdin G., Lombard F., Pedrotti M.L., Audrain S., Bin N., Boss E., Bowler C., Cassar N., Caudan L., Chabot G., Cohen N.R., Cron D., De Vargas C., Dolan J.R., Douville É., Elineau A., Flores J. M., ..., Reynaud S., Sunagawa S., Thomas O.P., Vega Thurber R.L., Zoccola D., Tara Pacific Consortium, Planes S., Allemand D., Karsenti E. (2019). Expanding Tara Oceans protocols for underway, ecosystemic sampling of the ocean-atmosphere interface during Tara Pacific Expedition (2016-2018). *Front Mar Sci*. 6(750): 1-20

**2020**

- 154 Hilmi N., Allemand D., Swarzenski P. (2020). Editorial of the Special Issue of Regional Studies in Marine Science : « From Science to Solutions: Ocean acidification Impacts On Select Coral Reefs ». *Regional Studies in Marine Science* 33: 100957
- 155 Ganot P., Tambutté É., Caminiti Segonds N., Toullec G., Allemand D., Tambutté S. (2020). Ubiquitous macropinocytosis in anthozoans. *ELIFE* 9: e50022

156

157

158

**Sous presse**

159

**Soumis**

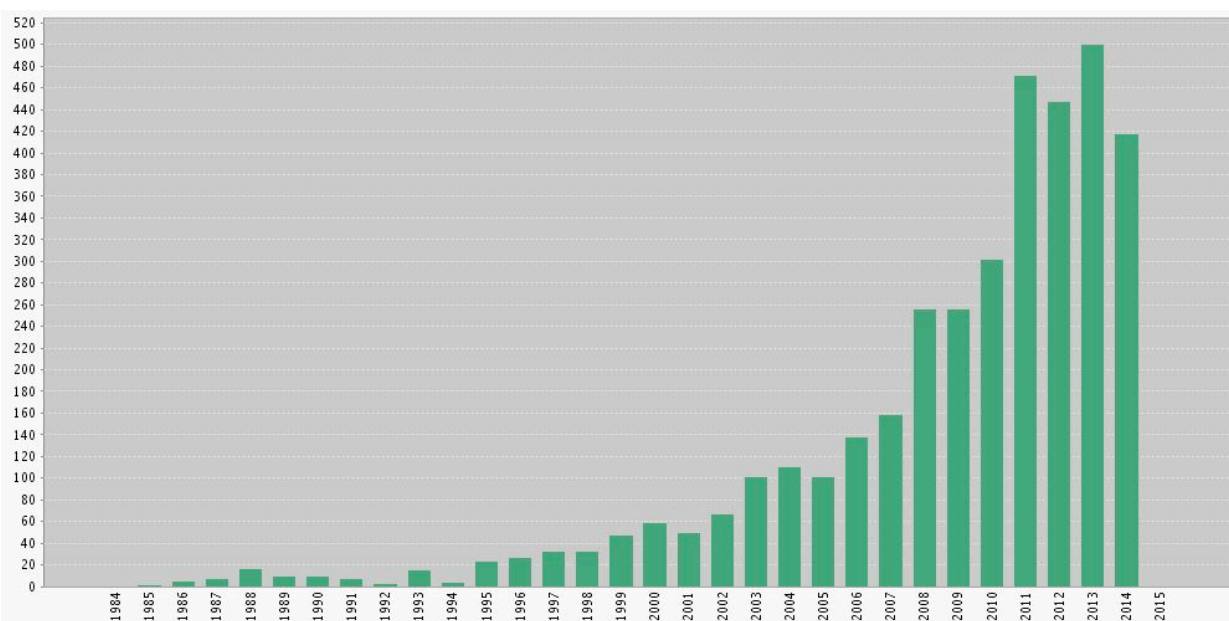
160 .

- 161 The skeletal proteomes of the precious Mediterranean red coral *Corallium rubrum* and evolution in the cnidarian biomineralization  
Nathalie Le Roy; Philippe Ganot; Manuel Aranda; Denis Allemand; Sylvie Tambutté. Soumis à BMC Evolutionary Biology
- 162 The World Coral Conservatoire: a Noah's ark for corals and reef ecosystems. PLOS Biology
- 163
- 164

### En préparation

- 165 Huisman L., Cronemberger C., Kaandorp J.A., Allemand D. A spatio-temporal model of calcification in scleractinian corals.

Les journaux non indexés SCI sont soit des journaux spécialisés (Precious Corals), soit des publications consécutives à des congrès internationaux (Bull. Inst. Océanogr., Vie Marine). Il est à noter que malgré la sélection souvent difficile des revues de biologie marine, leur facteur d'impact reste relativement faible du fait de la discipline.



Nombre de citations annuelles (source Web of Science).

### Contributions à des chapitres d'ouvrages et articles de vulgarisation.

- ALLEMAND D., De Renzis G., Payan P., Girard J.P. (1987). La fécondation chez les invertébrés marins : modèle biologique universel. *Compte-rendu des activités 1986-1987*, AMPN, Monaco, pp 32-36.
- ALLEMAND D., Walter P., De Renzis G. (1989). Évaluation de l'état de santé d'organismes marins : la mesure du calcium intracellulaire est elle un bon index ? *Compte-rendu des activités 1988-1989*, AMPN, Monaco, pp 27-28.
- Roméo M., Karez C.S., ALLEMAND D., De Renzis G., Gnassia-Barelli M., Puiseux-Dao S. (1990). The study of cadmium and calcium transport into a marine unicellular alga. In: "*Water and ions in Biomolecular Systems*". Vasilescu D., Jaz J., Packer L. and Pullman B (eds). Birkhäuser Verlag, Boston. pp 249-256.
- ALLEMAND D. (1991). Le corail rouge, cet inconnu. *Compte-rendu des activités 1990-1991*, AMPN, Monaco, pp 25-31.
- ALLEMAND D., Debernardi E. (1992). Expérience de coralliculture. *Albatros* 4 : 4-6
- Debernardi E., ALLEMAND D. (1993). Zônes protégées sur le littoral de la Principauté de Monaco. *Bollettino di Oceanologia teorica ed applicata*. XI (3-4) : 173-182.
- ALLEMAND D., Cuif J.-P., Éditeurs.  
Biomineralization 93. Actes du 7ème Symposium International sur la Biominéralisation. 4 volumes (1994-1996), totalisant 1118 pages. Rédaction de la Préface générale et de la Préface de la session "Physiology".  
Publiés dans : Bull. Institut. Océanogr., Monaco. Numéro spécial 14, 4 volumes.
- ALLEMAND D. (1995). Les réserves sous-marines : pour quoi faire ? In: "*XX ans au service de la Nature*", Publié par l'AMPN, Multiprint, Monaco, pp. 43-44.



- ALLEMAND D., Debernardi E. (1995). Les récifs artificiels. In: "XX ans au service de la Nature", Publié par l'AMPN, Multiprint, Monaco, pp. 81-84.
- ALLEMAND D., Debernardi E., Gilles P., Ounais, N., Théron D., Thévenin T. (1995). La réserve à corail rouge. In: "XX ans au service de la Nature", Publié par l'AMPN, Multiprint, Monaco, pp. 121-130.
- ALLEMAND D., Ferrier-Pagès C., Debernardi E. (1997). Protection and management of the waters along the coast of Monaco. *Hydro International* 1 (5) : 23-25.
- ALLEMAND D., Debernardi E., Seaman W. (2000). Artificial reefs for the protection and enhancement of coastal zones in the Principality of Monaco. In: "Artificial Reefs in Europe" A. Jensen, K. Collins and A. Lockwood (eds). Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, Boston, London. Pp. 151-166.
- Tambutté S., Tambutté É., Zoccola D., ALLEMAND D. (2007) Organic MATRIX and Biomineralization of scleractinian corals. In : HANDBOOK OF BIOMINERALIZATION, Vol. 1: The Biology of Biominerals Structure Formation (Ed. E. Baeuerlein, Wiley-VCH). Pp. 243-259.
- ALLEMAND D., Mayer-Gostan N., de Pontual H., Bœuf G., Payan P. (2007) Fish otolith calcification in relation to endolymph chemistry. In : HANDBOOK OF BIOMINERALIZATION, Vol. 1: The Biology of Biominerals Structure Formation (Ed. E. Baeuerlein, Wiley-VCH). Pp. 291-308.
- Richier R., Sabourault C., Ferrier-Pagès C., Merle P.-L., Furla P., ALLEMAND D. (2010) Cnidarian / Dinoflagellate symbiosis-mediated adaptation to environmental perturbations. In : Symbiosis and Stress, Seckbach J. & Grube M. Ed. Springer-Verlag, pp. 145-175.
- ALLEMAND D., Debernardi E., Innocenti G. (Sous presse) Les réserves sous-marines en Principauté de Monaco : de la gestion des écosystèmes à la recherche et à la sensibilisation du public. In : « L'Etat et la mer. Environnement et usages. De l'Antiquité à nos jours, du Rhône au Golfe de Gênes ». « Méditerranées », Editions Garnier (Paris).
- Furla P., ALLEMAND D. (2009). La vie de couple au soleil : l'ensymbiose Cnidaires-Dinoflagellés. *Biofutur*. 299 : 40-43.
- Salvat B., ALLEMAND D. (2009) Acidification and Coral reefs. Scientific review. Coral Reef Initiatives for the Pacific (CRISP) (28 pages, in French, English and Spanish). [http://www.crisponline.net/Portals/1/PDF/C3B\\_Acidification.pdf](http://www.crisponline.net/Portals/1/PDF/C3B_Acidification.pdf)
- Allemand, D., Reynaud S., Salvat B. (Septembre 2010) Un monde trop acide pour les récifs coralliens. *La Recherche*. 444 : 56-58.
- ALLEMAND, D., Tambutté, É., Zoccola, D. and Tambutté, S. (2011). Coral calcification, cells to reefs. In : Coral reefs: an ecosystem in transition (eds. Z. Dubinsky & N. Stambler), Springer. Pp. 119-150.
- Erez, J., Silverman, J., Schneider, K., Reynaud, S. and ALLEMAND, D. (2011). Coral calcification under ocean acidification and global change. In : Coral reefs: an ecosystem in transition (eds. Z. Dubinsky & N. Stambler), Springer. Pp. 151-176
- Furla, P., Richier, S. and ALLEMAND, D. (2011). Physiological adaptations to symbiosis in cnidarians. In : Coral reefs: an ecosystem in transition (eds. Z. Dubinsky & N. Stambler), Springer. Pp. 187-195
- Ferrier-Pagès C., Reynaud S., ALLEMAND D. (2012) Shallow water scleractinian corals of the Mediterranean Sea. In : Life in the Mediterranean Sea : a look at habitat changes (ed. N. Stambler), Nova Science Publishers Inc., pp. 355 – 389
- ALLEMAND D. (2015). Changements globaux et Récifs coralliens : quels effets ? In : Les écosystèmes marins dans la régulation du Climat. FFEM éd.
- ALLEMAND D. (2015). Les récifs de coraux In : Océan et Climat. COP21, Ministère des Affaires étrangères et du développement international - Ministère de l'Écologie, du développement durable et de l'énergie ; pp 64 – 70. Version française et anglaise.
- ALLEMAND D., Tambutté S., Zoccola D. (2017). Y aura-t-il encore des coraux dans la mer ? In : La Recherche, Mars 2017, pp. 52-57.
- ALLEMAND D. (2017). Les récifs coralliens peuvent-ils s'adapter au changement global ? In : Lavorel et al. Eds, Académie des Sciences. Les mécanismes d'adaptation de la biodiversité aux changements climatiques et leurs limites, pp. 99-104.
- Rampal R., ALLEMAND D. (2017) Océan et Santé Humaine. In : « L'Océan à découvert ».
- Courtial, L., ALLEMAND, D., Furla, P. (2018). Coraux : les ingénieurs des océans sont menacés, Encyclopédie de l'Environnement. [en ligne ISSN 2555-0950] (<http://www.encyclopedie-environnement.org/vivant/coraux-ingenieurs-oceans-menaces/>)
- ALLEMAND D. (2018). Les récifs coralliens ; importance, menaces et solutions. In : « La connaissance des océans au service du développement durable », Institut du Droit Économique de la Mer, Peone éditeur, pp. 141 - 159
- ALLEMAND D. (2018). Our vital Ocean. In « Water is Life, thoughts of our generation ». Passion Sea, Helga Piaget Ed.
- ALLEMAND D. (2018). Small is big... ? La Principauté de Monaco à la pointe de l'innovation scientifique. L'homme, la Société, la Paix. Éditions de l'homme nouveau. Pp. 33-42.
- ALLEMAND D. (2019). Les coraux et le changement climatique. In : Ocean and Climate Change, Scientific Notes. Plateforme Ocean & Climat : 36-49.

## PARTICIPATION A DES CONGRES

---

- 2<sup>ème</sup> Colloque annuel de la Société de Biologie Cellulaire de France, Paris, France. 17-19 Septembre 1984.  
Kinetic characteristics and energization of amino acid uptake in sea urchin eggs at fertilization. Allemand D., De Renzis G., Maistre C., Girard J.-P., Payan P.
- XVI rencontres de Méribel, Les Arcs, France. Mars 1985.  
Les gamètes d'oursin comme système d'Etude de la fécondation et de l'activation cellulaire. Le rôle des mouvements d'ions dans l'activation des gamètes. Allemand D., Christen R., Ciapa B., Cosson M.P., De Renzis G., Gatti J.-L., Girard J.-P., Payan P., Sardet C.
- Séminaire "Cytochrome P450", Iles de Lérins, Cannes, France. 2-5 Septembre 1986.
- IX<sup>èmes</sup> Journées d'Études sur les Pollutions Marines en Méditerranée. CIESM, Athènes, Grèce. Octobre 1988.  
Un exemple de l'utilisation des gamètes d'oursin en tant que modèle biologique en écotoxicologie : rôle du calcium et des protons dans la toxicité du mercure (HgCl<sub>2</sub>). Allemand D., Walter P., De Renzis G.
- Fourth International Congress of Cell Biology, Montreal, Canada. Août 1988.  
Studies on calcium transport in a phytoplankton alga. Puiseux-Dao S., Karez C., Allemand D., De Renzis G., Gnassia-Barelli M., Roméo M. & P. Payan.
- ASCB, Summer Research Conference, Airlie, Virginia, USA. Juin 1988.  
Calcium transport in phytoplankton marine algae. Puiseux-Dao S., Karez C., Allemand D., De Renzis G., Gnassia-Barelli M., Roméo M. & P. Payan.
- VI<sup>ème</sup> Séminaire International sur les Echinodermes, Iles des Embiez, France. Septembre 1988.  
Organisation d'une conférence-table ronde avec le Dr. D. Pesando "L'oursin en tant que modèle d'étude en toxicologie et pharmacologie" et Présentation de deux posters : "Rôle médiateur du calcium dans la toxicité d'un métal lourd, le mercure, chez l'oeuf d'oursin *Paracentrotus lividus*." (Walter P., Allemand D., De Renzis G. & Payan P.)  
"Evolution du calcium total et des inclusions métalliques observées chez les oursins provenant de la zone de Cortiou au cours des processus de détoxification dans la réserve sous-marine de Monaco" (Walter P., Gillot I., Delmas P., Régis M.B. & Allemand D.).
- 29<sup>th</sup> Congress of the European Society of Toxicology, Munich, RFA. Septembre 1988.  
Use of sea urchin eggs as biological support for risk assessment of heavy metal toxicity: role of intracellular calcium. Walter P., Allemand D., Payan P., De Renzis G.
- Consultation meeting on the toxicity of selected substances to marine organisms, FAO/ UNEP, Villefranche-sur-mer, France. 10-14 octobre 1988. Participation à la commission : "Field bioassays in developmental biology".
- 5<sup>th</sup> International Symposium on Responses of Marine Organisms to Pollutants, Plymouth, Great Britain. 12-14 avril 1989. Alteration of ion transport as a mechanism of cell injury by HgCl<sub>2</sub>.
- 5<sup>th</sup> International Conference on Coelenterate Biology, Southampton, Great Britain. 10-14 July 1989.  
Communication orale: "Preliminary observations on calcification of the Mediterranean red coral *Corallium rubrum*".
- 4<sup>èmes</sup> Séminaire sur le Cytochrome P450, Iles de Lérins, Cannes, France. 1-4 September 1989.  
Conférence invitée : "Transport des ions par les membranes cellulaires. Interaction avec les métaux lourds".
- V<sup>th</sup> UNESCO International Conference "Water and ions in Biomolecular Systems", Nice, France. 5-8 September 1989. "The study of Cadmium and Calcium transport into a marine unicellular alga".
- 6<sup>th</sup> International Symposium on Biomineralization, Odawara, Japon. 8-12 octobre 1990.
- 32<sup>ème</sup> Congrès de la Commission internationale d'Exploration Scientifique de la mer Méditerranée (CIESM), Perpignan, France, 15-20 octobre 1990.

- La biocalcification chez le corail rouge, *Corallium rubrum*. 1. Approche morphologique. Grillo M.-C., Allemand D.
- La biocalcification chez le corail rouge, *Corallium rubrum*. 2. Approches biochimique et Physiologique". Allemand D., Grillo M.-C.
- International Symbiosis congress, Jérusalem, Israel. 17-22 novembre 1991.
  - 7<sup>th</sup> International Coral reef symposium, Guam, USA. 22-26 juin 1992.
    - Mechanisms of inorganic carbon uptake by zooxanthellae of *Stylophora pistillata*. Goiran C., Allemand D., Pincemin J.-M.
    - Neutral amino acid uptake by the symbiotic coral *Galaxea fascicularis*: effect of light and feeding. Al-Moghrabi S., Allemand D., Jaubert J.
    - Fatty acids of the scleractinian coral *Galaxea fascicularis* and its symbiont: effect of light and feeding. Allemand D., Al-Moghrabi S., Jaubert J.
  - 33<sup>ème</sup> Congrès de la Commission internationale d'Exploration Scientifique de la mer Méditerranée (CIESM), Trieste, Italie, 12-17 octobre 1992. Dynamique de la calcification chez le corail rouge *Corallium rubrum*. Allemand D., Bénazet S.
  - 3<sup>rd</sup> European East-West Conference and Exhibition on Materials and Processes, Strasbourg, France, 3-6 novembre 1992. Présentation orale : "Intensive culture of reef corals for osteosurgery applications". Jaubert J., Al-Moghrabi S., Tambutté É., Allemand D.
  - 1<sup>st</sup> International Precious Coral Symposium, Kochi, Japon. 16-17 février 1993.
    - Conférence invitée : "The biology and skeletogenesis of the Mediterranean Red Coral".
  - 7<sup>th</sup> International Symposium on Biomineralization, Monaco, 17 - 20 novembre 1993.
    - Organisateur et direction de la session Physiologie.
    - Physiological processes in biomineralization. Allemand D., 1995.
    - The organic matrix of skeletal structures of the Mediterranean Red Coral, *Corallium rubrum*. Allemand D., Cuif J. P., Watabe N., Oishi M., Kawaguchi T.
    - The *Stylophora pistillata* microcolony: a model for studying calcium transport process during coral biomineralization". Tambutté É., Allemand D., Jaubert J.
  - 62<sup>ème</sup> Congrès de la société de Physiologie d'Angers, France. 14-16 septembre 1994.
    - "Mécanismes de transport du carbone inorganique par l'épithélium d'Anémone de mer". Bénazet S., Allemand D.
  - 34<sup>ème</sup> Congrès de la Commission internationale d'Exploration Scientifique de la mer Méditerranée (CIESM), La Valette, Malte, 27-31 mars 1995. "Flux ioniques et transport du bicarbonate à travers les feuillets épithéliaux du tentacule d'*Anemonia viridis*". Bénazet S., Allemand D., Jaubert J.
  - 6<sup>th</sup> International Colloquium on Endocytobiology and Symbiosis, Tübingen, Allemagne. 6-10 septembre 1995.
    - "Zooxanthellae experience transient ionic stress upon expulsion from coral host cells". Allemand D., Goiran C. Galgani I.
  - 6<sup>th</sup> International Conference on Coelenterate Biology, Noordwijkerhout, The Netherlands. 16-21 Juillet 1995.
    - <sup>45</sup>Ca transport and compartmentalization in the Scleractinian coral *Stylophora pistillata*. Tambutté É., Allemand D., Mueller E. & Jaubert J.
  - 8<sup>th</sup> International Coral Reef Symposium, Panama. 24-29 juin 1996.
    - Variation in fatty acid composition of *Stylophora pistillata* microcolonies along a depth gradient from the gulf of Aqaba (Jordan). Al-Moghrabi S.M., Marchioretta M., Allemand D., Couret J.-M., Jaubert J.
    - Transepithelial bicarbonate transport for supplying zooxanthella photosynthesis in isolated sea anemone tentacles. Bénazet-Tambutté S., Allemand D., Jaubert J.
    - Confocal microscopy: a new approach for studying coral physiology and cellular biology. Bénazet-Tambutté S., Allemand D.
    - Zooxanthellae experience transient ionic stress upon expulsion from host cells. Goiran C., Galgani I., Allemand D.
    - Laboratory models for coral studies. Jaubert J., Allemand D., Al-Moghrabi S., Goiran C., Marchioretta M., Tambutté É., Bénazet-Tambutté S.

- Ultrastructure of desmoidal processes, unique extensions of mesoglea which anchor coral tissue to skeleton. Muscatine L., Tambutté É., Allemand D., Jaubert J.  
The coral microcolony: a new tool for studying calcification. Tambutté É., Allemand D., Jaubert  
Cloning of an L-type calcium channel involved in coral calcification". Zoccola D., Allemand D.
- 3<sup>rd</sup> International Symposium on inorganic carbon utilization by aquatic photosynthetic organisms, University of British Columbia, Vancouver, Canada. 28 juillet - 1 Aout 1997.  
Mechanisms of carbon acquisition for endosymbiont photosynthesis by symbiotic Anthozoa. Conférence invitée.  
Vectorial transport of bicarbonate and hydroxyl ion by the epithelial layers of the symbiotic sea anemone, *Anemonia viridis*. Furla P., Bénazet-Tambutté S., Allemand D.
  - 1998 Annual Meeting of the Society for integrative and comparative Biology, Boston, USA. 3-7 Janvier 1998.  
Coral reefs and environmental change.  
Interactions between the carbon and carbonate cycles at organism and community levels in coral reefs. Gattuso J.-P., Allemand D., Frankignoulle M.
  - 1<sup>ères</sup> Journées françaises de biologie des tissus minéralisés, ENS Lyon, 22-23 Janvier 1998 (membre du comité scientifique d'organisation).  
Mécanismes physiologiques de la calcification chez les coraux constructeurs de récifs : un modèle d'étude de la Biominéralisation. Allemand D., Zoccola D., Tambutté É., Jaubert J.
  - 35<sup>ème</sup> Congrès de la Commission internationale d'Exploration Scientifique de la mer Méditerranée (CIESM), Dubrovnik, Croatie 1-5 juin 1998.  
Utilisation de la microscopie confocale pour l'étude des endosymbioses marines : application à l'étude de l'anémone de mer méditerranéenne *Anemonia viridis*. Bénazet-Tambutté S., Allemand D.  
Grottes artificielles pour l'étude de la croissance du Corail Rouge de Méditerranée. Ounais-Thèvenin N., Allemand D., Thèvenin T., Gilles P., Théron D., Debernardi E., Ferrier-Pagès, C.
  - Workshop on Biomineralization in marine symbiotic associations and its implications for paleoceanographic studies, The Interuniversity Institute, Eilat, Israël, 9-13 Juin 1998.  
Physiology of calcification : calcium and carbonate uptake by hermatypic corals. Conférence invitée.
  - 6<sup>th</sup> International Conference on the Chemistry and Biology of mineralized tissues, Vittel, France 1-6 Novembre 1998. Physiological mechanisms underlying biomineralization process in the Scleractinian coral, *Stylophora pistillata*. Allemand D., Zoccola D., Tambutté É.
  - Secondes Journées françaises de biologie des tissus minéralisés, INRA, Versailles, 18-19 mars 1999.  
Sources et mode de transport du carbone pour la calcification chez un corail constructeurs de récifs : *Stylophora pistillata*.
  - First Workshop on Red Coral Biology Torre del Geco (Novembre 1999). Invitation à présenter une conférence sur nos travaux.
  - European Society for Comparative Physiology and Biochemistry. Liège (Belgique), 24-28 Juillet 2000.  
Présentation d'une communication orale "Involvement of H<sup>+</sup>-ATPases in carbon concentrating mechanism for endosymbiont photosynthesis in *Anemonia viridis*". Furla P., allemand D.
  - Second Workshop on Red Coral Biology Torre del Geco (Mai 2000). Invitation à présenter une communication.
  - 9<sup>th</sup> International Coral Reef Symposium, Bali. 23-27 octobre 2000.  
Regulation of Ca<sup>2+</sup> by cAMP during skeletogenesis in hermatypic corals. Mueller E., Allemand D., Jaubert J.  
Host-mediated CO<sub>2</sub> supply for endosymbiont photosynthesis in sea anemone. Furla, P., Allemand, D.  
Carbon source for coral calcification and Photosynthesis. Furla, P., Durand, I., Allemand, D.  
Effects of different environmental factors on the Cell-specific density of symbiotic dinoflagellates. Ferrier-Pagès C., Allemand D., Shick M., Hoegh-Guldberg O., Muscatine L.
  - Quatrièmes Journées françaises de Biologie des Tissus Minéralisés, Faculté de Médecine, Strasbourg, 17-18 Mai 2001.  
Étude préliminaire de la matrice organique de coraux scléactiniaires. Puverel S., Tambutté É., Bouchot A., Zoccola D., Payan P., Allemand D.

- Australian Coral Reef Society meeting, 7-9 Juillet 2001, Magnetic Island (Australie).  
Light and dark calcification rates of the soft coral *Cladiella* sp. Tentori T., Allemand D.
- 8<sup>ème</sup> symposium on Biomineralization, September 25-28 2001, Niigata (Japon)  
Cloning and expression of a coral calcium channel involved in biomineralization. D. Zoccola, É. Tambutté, C. Girard, F. Lesage, G. Romey, D. Allemand  
*In vitro* production of CaCO<sub>3</sub> from Gorgonian cell culture. I. Durand, A. Bouchot, I. Galgani, Y. Dauphin, D. Allemand  
Ubiquitous presence of anticalcifying activity and carbonic anhydrase activity in various biominerals. G. Borelli, N. Mayer-Gostan, P.-L. Merle, H. De Pontual, G. Boeuf, D. Allemand, P. Payan  
Is H<sup>+</sup>-ATPase used for biomineralization? A. Bouchot, D. Zoccola, É. Tambutté, D. Allemand  
Determination of the calcium pathway for coral biomineralization by lanthanum precipitation. A. Bouchot, D. Allemand  
Preliminary study of the organic matrix of the scleractinian coral *Stylophora pistillata*. S. Puverel, É. Tambutté, A. Bouchot, D. Zoccola, P. Payan, J.-P. Cuif, D. Allemand  
Incorporation of strontium in the skeleton of the reef-building coral, *Stylophora pistillata*. Relationship with calcium. É. Tambutté, F. Boisson, S. Fowler, D. Allemand, C. Ferrier-Pagès
- 5<sup>th</sup> meeting on O<sub>2</sub>, free radicals and oxydative stress in plants, November 19-21 2001, Nice (France).  
Characterization of SOD isoforms in the symbiotic phototroph Dinoflagellates *Symbiodinium* sp. and its host cells. Richier S., P.-L. Merle, P. Furla, D. Pigozzi, F. Sola, D. Allemand
- International Society for Reef Studies (ISRS). European Meeting. 4 – 7 Septembre 2002.  
Characterization of SODs in symbiotic anthozoans, Communication orale.  
Oxidative stress in symbiotic cnidaires? Richier S., P.-L. Merle, P. Furla, F. Sola, D. Allemand  
Incorporation of strontium in the skeleton of the scleractinian coral, *Stylophora pistillata* Ferrier-Pagès C., Boisson F., D. Allemand, Tambutté É.
- EGS-AGU, Nice (France), 19 -23 Avril 2003  
Reynaud S., Ferrier-Pagès C., Boisson F., Allemand D., Fairbanks, R. Incorporation of labeled strontium into the skeleton of the zooxanthellate coral *Acropora* sp. Communication par affiche.  
Juillet-Leclerc A., Allemand D., Blamart D., Cuif J.-P., Corrège T., Dauphin Y., Denis A., Ferrier-Pagès C., Gautret P., Le Cornec F., Reynaud S., Rollion-Bard C. A new approach of geochemical proxies from tropical corals. Communication par affiche.  
Juillet-Leclerc A., Allemand D., Blamart D., Cuif J.-P., Corrège T., Dauphin Y., Denis A., Ferrier-Pagès C., Gautret P., Le Cornec F., Reynaud S., Rollion-Bard C. The interpretation of the geochemical records derived from massive corals need to be revised. Communication par affiche.
- Conférence découverte des génomes et expression des gènes, Paris (France), 15 mai 2003  
Kulhanek E., Zoccola D., Sabourault C., Tambutté É., Tambutté S., Allemand D. Les Cnidaires : un modèle d'étude pour l'expression des gènes lors de l'hypoxie. Communication par affiche.
- 4<sup>th</sup> International Symbiosis Society Congress. 17– 23 Août 2003. Halifax, Nouvelle-Ecosse (Canada).  
UV-Induced biosynthèses of mycosporine-like amino acids (MAAs) in the coral *Stylophora pistillata*: Roles of the zooxanthellae and the host in producing the complement of MAAs.  
Shick J.M., Ferrier-Pagès C., D. Allemand  
Symbiosis-dependent expression of SODs in temperate sea anemone, *Anemonia viridis*. Richier S. et al.
- 3<sup>rd</sup> Congress of the Federation of European Physiological Societies, Nice (France), 28 juin-3 juillet 2003  
Allemand D., Bouchot A., Puverel S., Tambutté É., Tambutté S., Zoccola D. Ion transport and Biomineralization in scleractinian corals. Communication par affiche.  
Copper Zinc Superoxide dismutases in *Anemonia viridis*, an animal facing daily hyperoxic conditions. Amandine Plantivaux, Sophie Richier, Pierre-Laurent Merle, Paola Furla, Ginette Garello, Didier Zoccola, Sylvie Tambutté, Éric Tambutté, Denis Allemand.
- 7<sup>th</sup> International Conference on Coelenterate Biology, Lawrence, University of Kansas (USA), 6 -11 Juillet 2003.  
Houlbrèque F., Tambutté E., Allemand D., Ferrier-Pagès C. Hungry corals are not happy corals. Communication orale.  
Reynaud S., Ferrier-Pagès C., Boisson F., Allemand D., Fairbanks R. Relationship between calcification and strontium uptake in the zooxanthellate coral *Acropora* sp. Communication par affiche.

- 6<sup>th</sup> International Marine Biotechnology Conference, Chiba (Japon), 21 – 25 septembre 2003.
  - Allemand D., Puverel S., Tambutté É., Tambutté S., Zoccola D. Biomineralization mechanisms in scleractinian corals: ion supply and organic matrix. Communication orale.
  - Allemand D., Domart-Coulon I., Puverel S., Tambutté É., Tambutté S., Zoccola D. Application of in vitro coral primary cultures to physiological studies. Communication par affiche. Premier prix des communications par affiche.
  - Allemand D., Furla P., Garello G., Merle P.-L., Plantivaux A. Richier S., Tambutté É., Tambutté S., Zoccola D. Symbiosis-dependent adaptation of Cnidarian host to hyperoxic stress. Communication par affiche.
- 6<sup>ème</sup> Journées Françaises de Biologie des Tissus minéralisés, Nice (France), 12-13 Juin 2003.
  - Allemand D., Bouchot A., Puverel S., Tambutté É., Tambutté S., Zoccola D. Transports ioniques et biominéralisation chez les coraux. Communication par affiche. Prix du jury.
  - Puverel S., Tambutté É., Zoccola D., Payan P., Tambutté S., Allemand D. Mise en évidence des protéines impliquées dans la biominéralisation des coraux. Communication orale.
- 22<sup>th</sup> ESCPB Conference : Biological effects of Pollutants, role of environmental proteomics and genomics, Alessandria (Italie), 14 – 18 décembre 2003.
  - Amandine Plantivaux, Paola Furla, Sophie Richier, Ginette Garello, Pierre-Laurent Merle, Denis Allemand. CuZnSOD implication in thermotolerance of *Anemonia viridis*
- AGU Fall meeting, 8-12 December 2003, San-Francisco, USA
  - Juillet-Leclerc A, Allemand D, Blamart D, Cuif J-P, Dauphin Y, Ferrier-Pagès C, Reynaud S, Rollion-Bard C. The dual fractionation of the oxygen isotopes from coral skeleton. Communication par affiche
- Model System for the basal Metazoans. New Orleans Janvier 2004.
  - Furla P., Shick M. Allemand D. The symbiotic Cnidarians : a physiological chimera of alga and animal.
- 37<sup>ème</sup> Congrès de la Commission Internationale d'Exploration Scientifique de la Méditerranée, Barcelone, juin 2004
  - Allemand D., C. Ferrier-Pagès, E. Kulhanek, C. Sabourault, E. Tambutté, S. Tambutté, Zoccola D. Approche génomique de l'étude de la physiologie de l'anémone tempérée *Anemonia viridis*. Communication par affiche.
  - C. Caligara, D. Forcioli, P.-L. Merle, P. Francour, D. Allemand. Étude de la diversité génétique et phénotypique chez la gorgone symbiotique méditerranéenne *Eunicella singularis* (Esper, 1791).
- 8<sup>th</sup> International Conference on the Chemistry and Biology of Mineralized tissues Goldsmith Geochemistry, Copenhague, juin 2004
  - Pereira-Mouriès L., Tambutté S., Tambuté E., Puverel S., Zoccola D., Payan P., Allemand D. Preliminary study of the organic matrix secretion pattern into biominerals: the scleractinian corals and fish otolith models. Communication orale.
  - Allemand D. Biological control of skeleton formation in scleractinian corals. Conférence invitée.
- 9<sup>th</sup> International Coral Reef Symposium, Okinawa, Japon. 28 Juin – 2 Juillet 2004.
  - Houlbrèque F., Tambutté É., Richard C., Ferrier-Pagès C., Allemand D. Importance of micro-diet for Scleractinian corals.
  - Kulhanek E., Zoccola D., Sabourault C., Tambutté É., Tambutté S., Allemand D. Cnidarians : a biological model for the study of gene transcription during hypoxia.
  - Allemand D., Lotto S., Puverel S., Tambutté É., Tambutté S., Zoccola D. Biomineralization in Scleractinian corals : calcium transport and organic matrix synthesis by calicoblastic cell.
  - Reynaud S., Leclercq N., Romaine-Lioud S., Ferrier-Pagès C., Jaubert J., Gattuso J.-P., Allemand D. Interacting effects of PCO<sub>2</sub> and temperature on metabolism of a Scleractinian coral.
  - Grover R., Maguer J.-F., Allemand D., Ferrier-Pagès C. Nitrate uptake by a Scleractinian coral.
  - Tentori E., Allemand D., Shepperd R. Cell growth and calcification result from uncoupled physiological processes in the soft coral *Lithophyton arboreum*.
  - Richier S., Guillaume M., Cottalorda J.-M., Merle P.-L., Allemand D., Furla P. Light stress effects in coral bleaching phenomenon of reef-building coral *Pocillopora damicornis*.
  - Richier S., Furla P., Plantivaux A., Merle P.-L., Allemand D. Symbiosis-induced thermotolerance in Mediterranean sea anemone *Anemonia viridis*.
- 9<sup>th</sup> International Symposium on Biomineralization, Pucon, Chili. Décembre 2005. 2 posters et 1 présentation orale.

- 13th Ocean Sciences Meeting, Honolulu, Hawaii, 20 – 24 Février 2006.  
Urea uptake by a scleractinian coral. Grover R., Allemand D. et Ferrier-Pagès C.
- Congrès Symbiose Vienne Aurélie
- 10th Evolutionary Biology Meeting at Marseilles. September 20 – 22, 2006. Evolving cytochrome P450 diversity in a Cnidarian-Algal symbiosis using EST analysis. Sabourault C., Deleury E., Garello G., Furla P., Allemand D., Feyereisen R. (Poster).
- 39ème Congrès de la Commission internationale d'Exploration Scientifique de la mer Méditerranée (CIESM), Venise, Italie 2010. Future océan acidification impacts on Mediterranean seafoods : first investigation of the economic costs. Jeffree R., Hilmi N., Allemand D., Orr J. (Comm. Orale).
- ...

## CONFERENCES SUR INVITATION

---

- "Stimulation des protéines membranaires de transport à la fécondation : rôle du pH et du calcium". 30 janvier 1989, École Normale Supérieure de Lyon, Laboratoire de Biologie Moléculaire et Cellulaire (à l'invitation du Dr. Pierre Guerrier).
- "Transport des ions par les membranes cellulaires. Interaction avec les métaux lourds". 2 septembre 1989, Iles de Lérins, Cannes, France, 4<sup>èmes</sup> Séminaire sur le Cytochrome P450 (à l'invitation du Dr M. Lafaurie).
- "Calcification mechanism and organic matrix in the mediterranean red coral". 24 novembre 1991, Institut Weizmann des Sciences, Rehovot, Israel (à l'invitation du Prof. Steve Weiner).
- "Scientific activities of the European Oceanologic Institute". 30 juin 1992, Waikiki Aquarium, Honolulu, Hawaii, USA (à l'invitation du Dr. Bruce Carlson).
- "Le corail rouge, cet inconnu". 4 octobre 1992, Pavillon de France, Exposition Universelle, Séville, Espagne (à l'invitation du Pavillon de Monaco).
- "The biology and skeletogenesis of the Mediterranean Red Coral". 16 février 1993, Kochi, Japon, 1st International Precious Coral Symposium (à l'invitation du Dr S. Kosuge).
- "Mechanisms of carbon acquisition for endosymbiont photosynthesis by symbiotic Anthozoa". 29 juillet 1997, University of British Columbia, Vancouver, Canada, 3rd International Symposium on inorganic carbon utilization by aquatic photosynthetic organisms (à l'invitation du Dr Colman).
- "Physiology of calcification : calcium and carbonate uptake by hermatypic corals". 12 juin 1998, The Interuniversity Institute, Eilat, Israël, Workshop on Biomineralization in marine symbiotic associations and its implications for paleoceanographic studies" (à l'invitation du Prof. J. Erez).
- Workshop on Red Coral Biology Torre del Geco (Novembre 1999 et Mai 2000) : Présentation de synthèses en tant qu'expert : « Physiology and Biochemistry of the Precious red Coral., The state of the Art ».
- "Animal cells may actively absorb and concentrate CO<sub>2</sub>". European Meeting of the Physiological Society, Oxford, 19-20 mars 2000.
- "Physiological mechanisms involved in biomineralization: inferences from coral skeleton and fish otolith studies". 8<sup>th</sup> International Symposium on Biomineralization, September 25-28 2001, Niigata (Japon) (invited by Prof. Kobayashi).
- Conférence au Collège de France à l'invitation du Prof. Armand de Ricqlès. Vendredi 16 Mai 2003, Paris : « Des ions au récif de corail : comment les coraux construisent-ils leur squelette ? ».
- Conférence à l'Institut Océanographique à l'invitation du Prof. Bernard Salvat, Mardi 4 Novembre 2003, Paris : "Aspects adaptatifs de l'association symbiotique coraux constructeurs de récifs - zooxanthelles".
- Goldshmidt Conference, Copenhague (7 – 11 Juin 2004) : "Biological control of skeleton formation in scleractinian corals".
- "Use of coral skeleton as environmental archives: the biological basis". International Conference on Isotopes in Environmental studies – Aquatic Forum 2004. Monaco, 25-29 Octobre 2004.
- Congrès Amsterdam (Mai 2005) : 2<sup>nd</sup> International Symposium on Network in Bioinformatics : "How to make a coral skeleton?"
- Society of Experimental Biology, Canterbury (UK). "Thermobiology of corals". 3 – 7 avril 2006.
- Center of Excellence on coral, Heron Island (Australie): "Biomineralization in corals" and "Symbiosis-induced physiological host adaptation". Janvier 2007.
- AMOPA Monaco. "Des coraux au Centre Scientifique de Monaco". Février 2017. Lycée Albet I<sup>er</sup> de Monaco.
- 2nd Ocean in a High CO<sub>2</sub> World symposium (Monaco) : "Vie et pH : pourquoi les organismes marins sont-ils sensibles au pH". 9 octobre 2008.

- École Thématique CNRS “Les endosymbioses trophiques et leur rôle dans l’évolution passée et contemporaine des Eucaryotes (Roscoff, France) : “Adaptation des partenaires de la symbiose Cnidaires – Zooxanthelles à la vie en commun” (avec Paola Furla). Jeudi 23 octobre 2008.
- L’état et la mer : environnement et usages. De l’Antiquité à nos jours. Du Rhône au Golfe de Gênes. Monaco : “Les réserves sous-marines en Principauté de Monaco : de la gestion des écosystèmes à la recherche et à l’enseignement” 22 novembre 2008.
- Institut Océanographique, Paris : “Les coraux constructeurs de récifs : la biodiversité de l’écosystème au gène”. 9 décembre 2009.
- Méditerranée, Festival international de l’Image sous-marine et de l’Aventure. “Acidification des océans : impacts biologiques et économiques” (avec Nathalie Hilmi), Juan les Pins (France). 26 février 2010.
- Future Ocean (Université de Kiel, Allemagne) : “Coral Biomineralization: How sensitivity to ocean acidification may be explained by the physiology?” 14 septembre 2010.
- Aquarium de la Porte Dorée, Paris : “Le Point sur les connaissances scientifiques”, Conférence “Quel avenir pour les récifs coralliens ?” organisée par le Ministère de l’écologie, du développement durable, des transports et du logement. 7 février 2011.
- Ocean Acidification Instrumentation and Research Needs Workshop (Cooperative Institute for Ocean Exploration, Research, and Technology (CIOERT) and NOAA (St Petersburg, Floride, USA): “Background/review of calcification mechanisms and responses related to OA”. 8 mars 2011.
- Institut Océanographique, Paris : “L’acidification des océans : causes et conséquences”. 8 Juin 2011.
- Permanent Mission of the Principality of Monaco- Natural Resources Defense Council, 2 Mai 2012, New York : “The Monaco declaration on Ocean Acidification and the conclusions of the “Economics of OA” workshop. Activities by the Centre Scientifique de Monaco and the Prince Albert II of Monaco Foundation.
- ICRS 2012 (Cairns, Australie) : “Coral calcification, from cell physiology to ocean acidification”. Plenary speaker. 10 juillet 2012.
- 9th Okazaki Biology Conference “Marine Biology II”(OBC9) (Okazaki – Okazaki, Japon) : “Coral physiomics, the next step”. 14 – 19 octobre 2012.
- Journée du Club d’Expertise chimique de Méditerranée, Laboratoires Aseptia, 21 juin 2013 : “La Biodiversité Marine: du fondamental à l’appliqué”.
- The Blue Planet, IAEA Scientific Forum, Vienne (Autriche) : “Conservation Physiology, to save Coral Reefs”. 17 Septembre 2013.
- Séances délocalisées de l’Académie Nationale Française de Médecine, Monaco 4 – 5 Novembre 2013 : “La biodiversité marine au secours de l’homme”.
- 1er Congrès Santé-Environnement Provence Alpes Côte d’Azur, Marseille Palais du Pharo, 6 – 7 décembre 2013 : “Une conséquence des changements climatiques, l’Acidification des Océans, des organismes marins à l’homme”.
- Université française du Pacifique, Papeete, 11 décembre 2013 : “Le squelette de corail, du gène au récif”.
- XIème Biennale monégasque de Cancérologie, Grimaldi Forum, Monaco, 31 Janvier 2014 : “Biodiversité marine et Cancérologie”.
- Colloque Scientifique Nice – Netanya, Mare Nostrum, un projet pour demain, CUM, Nice, 24 avril 2014 : “Biodiversité marine et santé humaine”.
- École de Printemps “Littoral Méditerranéen et vulnérabilité” : “Ocean acidification: response of Mediterranean corals to a changing chemical world”, Aix-en-Provence, Technopôle de l’Environnement de l’Arbois, 10 juin 2015.
- Centre de Découverte du Monde Marin : “Soirée Environnement : Le réchauffement climatique et l’acidification des océans : impacts en Méditerranée”, Nice, Parc Phoenix, 9 octobre 2015.
- Direction de l’Éducation nationale, de la jeunesse et des sports. Passeport Santé, Climat et Environnement. Décembre 2015 : “Le Changement climatique : mythe ou réalité ?”
- Journée Scientifique de l’OCA, 5 novembre 2015, Nice Arénas : “Le Centre Scientifique de Monaco : La biominéralisation, du gène à la COP21”.
- Réunion FRB-MEDDE, 27 Novembre 2015, Institut Océanographique – Maison des Océans, Paris : « La Physiologie de la Conservation pour sauver les récifs »
- COP21, Le Bourget, France. 3 Décembre 2015. The Oceans 2015 Initiative: what future for the ocean? Side event organised by the Monegasque Association for Ocean Acidification (AMAO) : “Coral reefs facing the challenge of ocean warming and acidification”.
- Sciences de l’Univers, un cycle de conférences pour tout public, « Recherche Fondamentale et Société », La Turbie, Médiathèque du Four Banal, 4 mars 2016 : « Biodiversité marine et Santé Humaine ».
- Congrès de l’Union Internationale de la Presse Francophone « Médias et environnement en Méditerranée », Yacht Club, Monaco, 4 et 5 mars 2016 : « La Recherche, une étape indispensable à une bonne gestion de l’environnement”.
- Workshop “ Constructions en milieu marin », organisé par Laure Bonnaud-Fonticelli et Pascal Jean LOPEZ, Fondation Schlumberger - Les Treilles, Tourtour, lundi 14 au samedi 19 mars 2016 : « Coral Reef to Human Urbanization: how architects may copy corals ».



- « Rethinking the Future for Coral Reefs », An International Symposium at St. James's Palace, London, Convened by His Royal Highness, The Earl of Wessex, Patron of The Central Caribbean Marine Institute, June 6 – 7th, 2016 : « Physionomics to save reefs ».
- Conférence « Des océans sains pour une vie meilleure », Jeudi 9 juin 2016, Genève, Palais des Nations : “Coral reefs, key ecosystems facing the challenge of global change ».
- Palais du Gouvernement, Papeete, 4 octobre 2016 : “Tara Pacific” avec Romain Troublé et Serge Planes.
- Centre des Congrès, Papeete : 5 octobre 2016 : “Les récifs coralliens, une richesse mal connue”.
- Conférence maritime, Yacht Club de Monaco, 16 Novembre 2016 : “ La Barrière de Corail et la banquise polaire, indicateurs de l'état de santé de notre planète ».
- Symposium “Symbiosis and Cohabitation”, Académie des Sciences, 25 Avril 2017, Paris : “How does an animal behave like a plant? Physiological and molecular adaptations of zooxanthellae and their host to symbiosis”.
- Conférence Internationale “La Connaissance des Océans au service du Développement durable”, INDEMER, 27 – 28 Avril 2017, Monaco : “Les récifs coralliens, importances et menaces”.
- Colloque “ Climat & Santé”, Monaco, Méridien Beach Plaza, 12 – 13 Mai 2017: “Changements climatiques, mythe ou réalité”. Session “Conséquences des changements climatiques sur la santé”.
- United Nations Conference to Support the Implementation of Sustainable Development Goal 14: the Ocean Conference. United Nations Headquarters, 5 - 9 June 2017, New York (USA) : “La Science pour sauver les Récifs : Un dialogue interdisciplinaire entre économistes et biologistes pour proposer des solutions pratiques à l'impact de l'acidification des océans et des autres stress globaux”; “ Les actions du Centre Scientifique de Monaco en lien avec les ODD 14”.
- Colloque “Oceans, caring for a common heritage”, Pontifical University of the Holy Cross, Rome (Vatican), 4 juillet 2017 : “Coral Reefs as example of how anthropic-induced marine environmental change may affect human societies”.
- Conférence : “Tara Pacific : À la découverte des récifs de coraux”. 8 septembre 2017. Ampus (Var, France).
- Conférence “Frontiers in Marine Biotechnology”, Muscat, Oman. 5 février 2018. Conférence : “A research at the interface between marine and medical biology to develop Biotechnology”.
- Conférence “Tara Pacific : les récifs coralliens, un joyau en danger “, Les Jeudis du CNRS – Direction PACA, Marseille, 3 mai 2018.
- Conférence “ Récifs coralliens : États des lieux, services rendus par les écosystèmes coralliens, pressions et menaces” (Allemand D & Thomassin A). Fondation pour la recherche sur la biodiversité (FRB), l'Institut océanographique, le CRIOBE et la Plateforme Océan-Climat. Paris, Maison des Océans, 20 Juin 2018.
- Conférence Semainbe des Océans : Biodiversité marine et beauté. Mars 2018
- Changement climatique et préservation des océans” Bruxelles, Belgique, 18-20 Février 2019  
High level conference on climate change and oceans preservation
- Oceanopolis” Brest, France, 22 Octobre 2019 “Du mariage au divorce, l'étonnante aventure de la symbiose chez les coraux”.
- Conférence à la Médiathèque de Contes, France, 6 Décembre 2019: “Biodiversité Marine et Santé humaine”
- Aix-Marseille Université Luminy, Marseille, France, 8 Juillet 2019: “Les récifs de coraux : importance, dangers et solutions”
- “Sophia Bearthdays 2019“ Valbonne Sophia, France, 10 octobre 2019 : “Quelles solutions pour sauver les écosystèmes marins ?”
- Monaco Ocean Week, Monaco, 27 mars 2019: “La Mer comme source d'inspiration”
- Dîner-Conférence Yacht Club, Monaco, 23 octobre 2019: “Le corail au service de la Haute Joaillerie”
- Conférence à la Maison Diocésaine, Monaco, 18 décembre 2019: “Valeurs réelles et enjeux de la Biodiversité”
- Table ronde « Artistes + Science », Monaco, 17 décembre 2019 : “Entre Art et Science”
- Conférence AMPN, Maison association Monaco, 3 décembre 2019 : “Du corail aux coraux : les récifs coralliens, sentinelles de l'état de santé de nos océans. Du mariage au divorce, l'étonnante aventure de la symbiose chez les coraux”
- Lycée Technique et Hôtelier, Monaco, 25 septembre 2019 :, Présentation du Rapport Spécial du GIEC « Ocean & Cryosphere in a Changing Climate » aux enseignants : “Les recifs de coraux, sentinelles de l'environnement”.

## SEJOURS A L'ETRANGER

---

- 2 mois (Août-Septembre 1985) à l'institut WEIZMANN des Sciences, Rehovot, Isarel. Prof. M. SHINITZKY - Department of Membrane Research : "Rôle du cytosquelette et de la fluidité membranaire dans l'antigénicité des cellules tumorales".

## ENCADREMENT D'ETUDIANTS

---

### Divers

- nombreuses directions de stages en laboratoire d'une durée de 1 à 3 mois (une trentaine de stagiaires accueillis entre 1990 et 2004) : INSA Toulouse ; École supérieure de Biochimie de Paris ; Université d'Ulm, IUT de Biotechnologie (Toulon)...

### Diplôme d'Études Supérieures Spécialisées (DESS).

- Isabelle GALGANI, Université de Corse Pasquale Paoli. DESS "Écosystèmes Méditerranéens" Septembre 1994. "Régulation du contenu sodique des zooxanthelles symbiotiques du corail *Galaxea fascicularis* (Linnaeus, 1767) lors de leur extraction en eau de mer".
- Anne-Laure DE ROSA, Université de Corse Pasquale Paoli. DESS "Valorisation des ressources naturelles", juin 1995. "Étude du mode d'action du tributylétain sur la calcification d'un corail constructeur de récifs : *Stylophora pistillata* (Esper, 1797)".

### Diplôme d'Études Approfondies (DEA).

- Philippe WALTER, Université de Nice. Co-direction avec le Prof. P. Payan, DEA de Pharmacologie et Biologie Cellulaires et Moléculaires (1987-1988). "Effet médiateur du calcium dans la toxicité du mercure chez l'oeuf d'oursin *Paracentrotus lividus*".
- Éric TAMBUTTE, Université d'Aix-Marseille II, Centre d'Océanologie d'Endoume. Co-direction avec le Prof. J. Jaubert, DEA des Sciences de l'Environnement marin (septembre 1992), major de la promotion. "Mise au point d'une méthode utilisant le  $^{45}\text{Ca}^{2+}$  pour mesurer les flux de calcium impliqués dans la calcification d'un scléactiniaire hermatypique, *Stylophora pistillata*".
- Sylvie BENAZET, Université d'Aix-Marseille II, Centre d'Océanologie d'Endoume. DEA des Sciences de l'Environnement marin (septembre 1992), major de la promotion. "Mise au point d'une méthode d'étude des transports à travers les feuillets épithéliaux du tentacule de l'anémone de mer *Anemonia viridis*".
- Paola FURLA, Université de Milan. Direction de Tesi di Laurea (décembre 1996) : "Assorbimento di carbonio inorganico in *Anemonia viridis* (Cnidario, Antozoo): il suo ruolo in relazione ai simbionti fotosintetici".
- Delphine PIGOZZI, Université de Nice Sophia Antipolis. DEA de Biologie et Physiologie Cellulaire (1999-2000). "Étude de l'adaptation aux stress oxydants d'une endosymbiose marine méditerranéenne, *Anemonia viridis*".
- Sophie RICHIER, Université de Nice Sophia Antipolis. DEA de Pharmacologie Cellulaire et Moléculaire (2000-2001). "Mécanisme de résistance d'une endosymbiose marine méditerranéenne aux stress oxydatifs".
- Sandrine PUVREL, Université de Nice Sophia Antipolis. DEA de Pharmacologie Cellulaire et Moléculaire (2000-2001). "Les biominéraux : Bases biologiques de leur utilisation comme archives environnementales".
- Amandine PLANTIVAUX, Université de Nice Sophia Antipolis. DEA de Pharmacologie Cellulaire et Moléculaire (2001-2002). "La symbiose Cnidaires / Dinoflagellés : adaptation aux stress oxydants et Interactions génomiques".
- Emmanuelle KULHANEK, Université de Nice Sophia Antipolis. DEA de Pharmacologie Cellulaire et Moléculaire (2002 - 2003). Co-direction avec les Drs D. Zoccola et P.-L. Merle : "Étude de l'adaptation des Cnidaires symbiotiques à l'hypoxie nocturne".
- Chiara CALIGARA, Université de Paris VI. DEA d'Océanologie Biologique et Environnement marin (2002 - 2003). Co-direction avec la Prof. Patrice Francour. « Diversités génétique et phénotypique chez la gorgone méditerranéenne, *Eunicella singularis* (Esper, 1791) ».
- Aurélie MOYA, Université d'Aix-Marseille II, Centre d'Océanologie d'Endoume. DEA des Sciences de l'Environnement marin (2003-2004) : « La calcification chez les coraux constructeurs de récifs : bases de la rythmicité ».

### Thèse Nouveau régime.

- Claudia KAREZ, Université de Paris VII. Direction d'une partie de ses recherches en vue de l'obtention d'une thèse de toxicologie. "Effets toxiques de deux métaux lourds, le cadmium et le zinc chez *Hymenomonas elongata* et *Acetabularia mediterranea*. Etudes biochimiques et cinétiques".
- Salim AL-MOHRABI, Université de Nice-Sophia Antipolis. Boursier du Ministère des Affaires Étrangères. Co-direction avec le Prof. J. Jaubert (1991-1992). "Métabolisme et transport des nutriments dans un modèle d'association symbiotique animal-végétal : les microcolonies d'un scléactiniaire à zooxanthelles, *Galaxea fascicularis*".
- Claire GOIRAN, Université de Nice-Sophia Antipolis. Boursière Conseil de l'Europe. Direction de thèse (1991-1994) : "La symbiose entre les Scléactiniaires et les Dinoflagellés : physiologie des zooxanthelles *Symbiodinium sp. du corail Galaxea fascicularis*, hors de l'association symbiotique". Diplôme de Doctorat de l'Université de Nice-Sophia Antipolis, 238 p.

- Éric TAMBUTTE, Université de Nice-Sophia Antipolis. Salarié C.E.A. Co-direction avec le Prof. J. Jaubert (1993-1996) : "Processus de calcification d'un scléactiniaire hermatypique, *Stylophora pistillata*. Croissance in situ à Mururoa".
- Sylvie BENALET, Université d'Aix-Marseille II, Centre d'Océanologie d'Endoume. Boursière MESR. Direction de thèse (1993-1996) : "Le tissu oral des anthozoaires : fonctionnement et rôle dans l'association symbiotique".
- Paola FURLA, Université de Nice-Sophia Antipolis. Direction de thèse (1996-1999) : "Équilibre acido-basique et transport cellulaire de bicarbonate : étude de cas particuliers liés à la symbiose et à la calcification".
- Sophie RICHIER, Université de Nice-Sophia Antipolis (2001-2004), bourse Région – Entreprise (Société Daniel Jouvence), Co-direction avec les Drs P. Furla et P.-L. Merle : "Mécanismes de résistance d'une endosymbiose marine méditerranéenne aux stress oxydatifs".
- Sandrine PUVEREL, Université de Nice-Sophia Antipolis. (2001-2004), boursier CSM, co-direction avec le Prof. P. Payan et le Dr É. Tambutté : "Les biominéraux : Bases biologiques de leur utilisation comme archives environnementales".
- Amandine PLANTIVAUX, Université de Nice-Sophia Antipolis (2003-2006). Boursière CIFRE. "Adaptation aux stress oxydants chez un Cnidaire symbiotique : approche biochimique et génomique, rôle de la Cu/Zn-SOD ».
- Aurélie MOYA, Université d'Aix-Marseille II, Centre d'Océanologie d'Endoume. (2004 – 2007). Boursière CSM : « Régulation de la calcification par la lumière et rythmicité ».
- Riccardo RODOLFO-METALPA, Université d'Aix-Marseille II, Centre d'Océanologie d'Endoume (2004 – 2007). Boursier CSM. Co-direction avec C. Ferrier-Pagès. « Effet des paramètres environnementaux sur la photosynthèse et la calcification de deux coraux symbiotiques Méditerranéens, *Cladocora cespitosa* et *Occulina patagonica* ».
- Anthony BERTUCCI, Aix-Marseille Université, École Doctorale des Sciences de l'Environnement (2007-2010). Boursier CSM. « Études moléculaire et physiologique des mécanismes permettant l'utilisation du carbone inorganique chez le corail Scléactiniaire *Stylophora pistillata* (Esper, 1797) ».

## **PARTICIPATION A DES JURYS DE THESES**

---

- Claudia KAREZ, Spécialité : Toxicologie (Université de Paris VII) : 18 avril 1989 (Rapporteur).
- Salim AL-MOGHRABI, Spécialité : Sciences de la vie (Université de Nice-Sophia Antipolis) : 30 novembre 1992.
- Béatrice BORG, Spécialité : Sciences pharmacologiques (Université de Nice-Sophia Antipolis) : 3 décembre 1993 (Rapporteur). "Activation du métabolisme cellulaire lors de la maturation et de la fécondation des oeufs d'invertébrés marins".
- Claire GOIRAN, Spécialité : Sciences de la Vie (Université de Nice-Sophia Antipolis) : 6 décembre 1994. Président du Jury.
- Christophe GRILLET, Spécialité : Toxicologie (Université de Paris VII) : 10 mars 1995 (Rapporteur). "Utilisation de l'embryon d'oursin pour l'étude du mode d'action cellulaire de molécules tératogènes".
- Sylvie BENALET-TAMBUTTE, spécialité océanologie (Université d'Aix-Marseille II, Centre d'Océanologie d'Endoume). 25 novembre 1996.
- Éric TAMBUTTE, Spécialité : Sciences de la Vie (Université de Nice-Sophia Antipolis) : 26 novembre 1996.
- Olivier TESTENIERE, Spécialité : Biochimie, Biologie Cellulaire et Moléculaire (Université de Bourgogne, UFR Sciences de la Vie). 27 novembre 1998 (Rapporteur). "Caractérisation d'une calciprotéine du crustacé *Orchestia cavimana*: Étude de l'expression spatio-temporelle et de la régulation hormonale du gène".
- Stéphanie ROBERT, Spécialité Toxicologie Environnementale (Université de Nice-Sophia Antipolis) : 25 septembre 2000. "Impact des pesticides organochlorés sur l'activation de l'oeuf d'oursin *Paracentrotus lividus* : fécondation et premiers stades embryonnaires".
- Sandrine TRICART, Spécialité Océanologie (Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris) : 6 avril 2001. "Croissance et calcification de Scléactiniaires dans deux complexes récifaux Indo-Pacifique (îles de Moorea et de la Réunion). Effet de l'eutrophisation sur la croissance de *Porites* (*Synarea*) *rus*".
- Claire ROLLION-BARD, Spécialité Géosciences (Institut National Polytechnique de Lorraine, Nancy) : 22 mai 2001. "Variabilité des isotopes de l'oxygène dans les coraux Porites : développement et implications des microanalyses d'isotopes stables (B, C et O) par sonde ionique".
- Gil BORELLI, Spécialité Biologie Moléculaire (Université de Nice-Sophia Antipolis) : 17 décembre 2001 : « Étude spatio-temporelle de la chimie de l'endolymphe en relation avec la calcification de l'otolithe chez les poissons téléostéens ».
- Dominique SUD, Spécialité Biologie Marine (Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris) : 14 Mai 2002. "Les cultures de cellules : une approche expérimentale de l'étude des processus de biominéralisation chez les invertébrés marins".
- Lucilia PEREIRA-MOURIES, Spécialité Biologie et Biochimie Appliquées (Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris) : 25 Juin 2003. "Étude des composants de la matrice organique hydrosoluble de la nacre de l'huître perlière *Pinctada maxima*. Bioactivité dans le processus de régénération osseuse".

- Sandrine PUVEREL, Université de Nice-Sophia Antipolis : "Les biominéraux : Bases biologiques de leur utilisation comme archives environnementales". Lundi 22 novembre 2004.
- Sophie RICHIER, Université de Nice-Sophia Antipolis : "Mécanismes de résistance d'une endosymbiose marine méditerranéenne aux stress oxydatifs". Lundi 6 décembre 2004.
- Jacques LEVRAUT, Université de Nice-Sophia Antipolis : "Analyse quantitative de l'équilibre acide base selon le modèle de Stewart : applications cliniques et biologiques". Vendredi 4 novembre 2005
- Amandine PLANTIVAUX, Université de Nice-Sophia Antipolis "Adaptation aux stress oxydants chez un Cnidaire symbiotique : approche biochimique et génomique, rôle de la Cu/Zn-SOD ». 17 novembre 2006.
- Denis DUPLAT, Spécialité Aspects moléculaires et cellulaires de la Biologie (Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris). "Identification et caractérisation des molécules de la matrice organique de la nacre de l'huître perlière *Pinctada maxima*, actives sur les cellules de la lignée ostéoclastique". 2 Février 2007.
- Gautier DAMIENS, Université de Nice-Sophia Antipolis : "Étude des effets des contaminants chimiques chez des espèces de mollusques sentinelles (*Mytilus galloprovincialis* et *Crassostrea gigas*). Application à la biosurveillance de l'environnement". Mardi 26 Juin 2007.
- Sophie SANCHEZ, Université de Pierre et Marie Curie – Paris VI : « Approche transcriptomique pour identifier des protéines impliquées dans le fonctionnement de la symbiose *Riftia pachyptila* ». 20 septembre 2007.
- Oriol TORENTS, Université de la Méditerranée, spécialité Biosciences de l'environnement : « Biologie des populations du corail rouge *Corallium rubrum* (Linné 1758) de Méditerranée nord-occidentale ». 14 décembre 2007.
- Benjamin MARIE, Université de Bourgogne, Spécialité Biologie évolutive : « Évolution des biominéralisations nacrées chez les mollusques : caractérisation moléculaire des matrices coquillères du céphalopode nautiloïde *Nautilus macromphalus* et du bivalve paléohétérodonte *Unio pictorum* ». 14 Mai 2008.
- Aldine AMIEL, Université de Pierre et Marie Curie – Paris VI, École Doctorale Logique du Vivant : « Apports du modèle Cnidaire, *Clytia hemisphaerica*, sur l'origine de la polarité primaire de l'ovocyte et sur l'étude du rôle de la Kinase Mos dans la régulation de la maturation méiotique ». 29 Septembre 2008.
- Thierry BALAGUER, Université de Nice-Sophia Antipolis : "Nouvelle approche d'ingénierie tissulaire osseuse basée sur l'utilisation extemporanée de prélèvements tissulaires autologues". 7 Mai 2009.
- Julien LASSAUQUE, Université de Nice-Sophia Antipolis : "Ecophysiological early bio-indicators of anthropic-induced stress on *Posidonia oceanica* meadows". 17 Juin 2009.
- Anthony BERTUCCI, Aix-Marseille Université : « Études moléculaire et physiologique des mécanismes permettant l'utilisation du carbone inorganique chez le corail Scléactiniaire *Stylophora pistillata* (Esper, 1797) ». 22 Novembre 2010.
- Ana Isabel DOS RAMOS CATARINO, Université Libre de Bruxelles : « Temperate and cold water sea urchin species in an acidifying world: coping with change? » 15 Juin 2011.
- Kenza MOKHTAR-JAMAÏ, Université de la Méditerranée, ED Sciences de l'Environnement : « Biologie de la Conservation de la gorgone de Méditerranée, *Paramuricea clavata*, dans le contexte actuel du changement climatique ». 23 septembre 2011.
- Phuon Ngan LE NGUYEN, Université de Pierre et Marie Curie – Paris VI, École Doctorale Diversité du Vivant : « Le déterminant maternel *pem-1* et le cortex des œufs et embryons d'ascidie ». 19 Janvier 2012.
- Alexis PEY, Université de Nice-Sophia Antipolis, École Doctorale des Sciences Fondamentales et Appliquées : « Réponses biochimiques et physiologiques des symbioses marines tempérées face aux changements climatiques ». 1 Février 2012.
- Marie LA RIVIERE, Aix-Marseille Université, ED Sciences de l'Environnement : « Les communautés bactériennes d'un holobionte méditerranéen, la gorgone rouge *Paramuricea clavata* : diversité, stabilité et spécificité ». 8 octobre 2013.
- Héloïse ROUZÉ, Université française du Pacifique, Papeete, 12 décembre 2013 : "Dynamique et flexibilité des clades de *Symbiodinium* associés aux coraux".
- Fahoullia Mohamadi, Université de Perpignan Via Domitia, ED Sciences Chimiques Balard : "La métabolomique appliquée à l'étude de l'impact de stress environnementaux sur les coraux scléactiniaires". 27 mars 2014.
- Jonathan PERRIN, Aix-Marseille Université, ED Physique et Sciences de la Matière : « Structure et squelettogénèse chez le genre *Corallium* ». 25 Novembre 2014.
- Alicia COSTE, Université Pierre et Marie Curie – Paris VI, ED Complexité du Vivant : « Origine(s) du système nerveux des Métazoaires et évolution des mécanismes liés au contrôle de la prolifération cellulaire : apports de l'étude chez un Cténaire et un Cnidaire ». 10 Novembre 2015 (Rapporteur).
- Camille DETREE, Université Pierre et Marie Curie – Paris VI, ED Complexité du Vivant : « Mise en évidence des acteurs moléculaires de la symbiose chimiosynthétique chez *Bathymodiolus azoricus* : une approche OMICs ».
- Yann CORMERAIS, Université de Nice-Sophia Antipolis, École Doctorale des Sciences Fondamentales et Appliquées : « Acides aminés et Cancer : LAT1, un transporteur essentiel à l'activité de mTORC1 et la croissance tumorale ». 22 Juillet 2016.
- Patricia NOBRE MONTENEGRO VENTURA, Université de Nice-Sophia Antipolis, École Doctorale des Sciences Fondamentales et Appliquées (ED 364) : « Plasticité phénotypique chez le Cnidaire symbiotique *Anemonia*

- viridis* : analyse de la réponse au stress à différents niveaux de complexité structurelle ». 12 Décembre 2016. Président du Jury.
- Cédric MALLIEN, Université Côte d'Azur, École Doctorale des Sciences Fondamentales et Appliquées (ED 364) : « Étude de la diversité neutre et adaptative chez l'anémone de mer symbiotique *Anemonia viridis* : apport de techniques de type Next-Generation Sequencing dans les questions de délimitation d'espèces et d'adaptation locale ». 4 Décembre 2017. Rapporteur.
  - Pierre VANDENBUSSCHE, Université Côte d'Azur, École Doctorale des Sciences Fondamentales et Appliquées (ED 364) : « Otolithes et bioindication : conséquence d'un stress environnemental sur la morphologie des sagittae de *Dicentrarchus labrax* et *Oblada melanura* ». 4 Décembre 2017. Président de Jury.
  - Elisabeth Riera, Université Côte d'Azur, École Doctorale des Sciences Fondamentales et Appliquées (ED 364) : « Vers une construction raisonnée d'une nouvelle génération de récifs artificiels : analyses comparatives des facteurs intrinsèques favorisant leur colonisation de la micro à la macro-échelle ». 21 janvier 2020. Président de Jury.

## **PARTICIPATION A DES JURYS D'HDR**

---

- Gilles LUQUET, École doctorale des Sciences de la Vie et de la Santé, Université de Bourgogne, Faculté de Médecine : 31 octobre 2002 (Rapporteur).
- Pascal Jean LOPEZ, École doctorale Université Paris XI-Orsay et École Normale Supérieure. « Biominéralisation de la silice et morphogénèse des Diatomées », 21 octobre 2005 (Rapporteur).
- Medhi ADJEROUD, EPHE – Université de Perpignan. « Diversité et fonctionnement des écosystèmes coralliens : structure spatiale, variabilité temporelle et processus de maintien des communautés benthiques ». 11 Juillet 2006 (Rapporteur).
- Paola FURLA, Université de Nice-Sophia Antipolis : "Interactions symbiotiques Cnidaire-Dinoflagellé ». 6 novembre 2006 (Conseiller d'Habilitation).
- Jean-Claude SCIMECA, Université de Nice-Sophia Antipolis : « La sous-unité a3 de l'ATPase vacuolaire et l'osteopétrose maligne infantile : du clonage positionnel à l'ingénierie tissulaire osseuse ». 28 septembre 2007 (Rapporteur).
- Joaquim GARRABOU, Université de la Méditerranée, Centre Océanologique de Marseille. 17 décembre 2007.
- Christophe TROJANI, Faculté de Médecine, CHU, Université de Nice-Sophia Antipolis. 11 janvier 2008 (président du jury).
- Sylvie TAMBUTTE, Université de Nice-Sophia Antipolis : « La Biominéralisation chez les coraux ». 1 avril 2008 (Conseiller d'Habilitation).
- Flavie VANLERBERGHE-MASUTTI, Université de Nice-Sophia Antipolis : « Stratégie d'exploitation des hôtes par des insectes ravageurs ou auxiliaires des cultures : une approche de génétique des populations ». 15 Décembre 2008
- Thomas GUILLEMAUD, Université de Nice-Sophia Antipolis : « Évolution des populations d'insectes en réponse aux changements d'environnement : adaptation et invasion biologique ». 15 Décembre 2008
- Stéphanie AUZOUX-BORDENAVE, Université de Pierre et Marie Curie : « La formation de l'exoqueue et son contrôle chez les arthropodes et les mollusques ». 4 décembre 2008.
- Joël GAUTRON, Université François Rabelais – INRA Tours : « Biominéralisation de l'œuf de poule ». 15 janvier 2009.
- Didier AURELLE, Université de la Méditerranée, Centre d'Océanologie de Marseille : « De l'évolution moléculaire à l'adaptation : approches de génétique des populations en milieu aquatique ». 6 février 2009.
- Didier ZOCCOLA, Université de Nice-Sophia Antipolis : « Mécanismes moléculaires de la Biominéralisation chez les coraux : *Stylophora pistillata* comme modèle ». 23 janvier 2012.
- Luisa MANGIALAJO, Université de Nice-Sophia Antipolis : « Récifs Méditerranéens : structure, menaces, perspectives ». 24 février 2012.
- Rodolphe LEMEE, Université de Pierre et Marie Curie : « Impacts du changement climatique et des activités anthropiques sur les producteurs primaires méditerranéens et conséquences sur les écosystèmes ». 10 septembre 2013.
- Éric RÖTTINGER, Université de Nice-Sophia Antipolis : « Comprendre le redéploiement des réseaux de régulation génique qui sous-tendent la régénération ». 2 Juillet 2015 (Président du Jury).
- Franck LARTAUD, Sorbonne Université, Observatoire Océanologique de Banyuls : « Approche multiscalaire des interactions organisme-environnement par les carbonates biogéniques ». 4 mars 2019 (Rapporteur).

## **CONTRATS DE RECHERCHE**

---

Co-responsable avec le Prof. J. Jaubert, directeur de l'OOE du Programme National Récifs Coralliens (CNRS, INSU - ORSTOM). "Mécanismes de transport du carbone inorganique et du calcium dans le système symbiotique Madréporaires / xanthelles" (1993, projet retenu et financé - financement 1993 : 75 KF - dans le cadre du thème "Mécanismes et régulation de la calcification dans le système symbiotique Madréporaires / xanthelles").

Contrat avec le C.E.A. dans le cadre du financement de la thèse d'Eric Tambutté (Contrôle de la croissance des coraux constructeurs de récifs; application à la restauration du récif de Mururoa).

Contrat avec la société Thérax S.A. "Biominéralisation normale et pathologique". 150 KF annuel de 1999 à 2001.

Contrat Région – Entreprise (Société Daniel Jouvance) pour le financement de la thèse de Melle Sophie Richier (Octobre 2001 - Septembre 2004).

Contrat avec la Société Vincience : « Mesure des effets des stress environnementaux ». 25 K€ / 3 ans.

Contrat avec "National Geographic Society" : "Origins and bioconversions of UV sunscreens in corals and zooxanthellae" (Projet réalisé avec le Prof. M. Shick et le Dr C. Ferrier-Pagès; 9700 US \$ pour 2000-2001).

GDR IFREMER : « Bases biologiques de l'utilisation des Biominéraux comme archives environnementales ». 15 K€ / an depuis 2003.

PAI franco-Italien Galilée : Structure des populations, écophysiologie et sensibilité aux anomalies thermiques de la gorgone *Eunicella singularis*. 4300 € HT/ 2 ans (2003-2004)

GIS « Institut de la Génomique Marine » CNRS : « Génomique fonctionnelle d'une endosymbiose marine Cnidaire / Dinoflagellé ». 90 K€ HT/ 3 ans (2005 – 2007)

ANR Biodiversité : « Évolution et conservation de la biodiversité marine face au changement global : le cas des communautés à dominance longévives de Méditerranée ». Porteur du projet : Dr Joaquim Garrabou (Centre Océanologique d'Endoume, Marseille). 400 K€ / 3 ans dont 150 K€ au laboratoire (2006 – 2008).

## **COLLABORATIONS (ayant donné lieu à des publications communes)**

---

- Prof. J.P. CUIF, URA CNRS 690. Université Paris XI-Orsay (biochimie de la matrice organique des structures calcifiées).
- Prof. D. DOUMENC, Muséum National d'Histoire Naturelle, Laboratoire de Biologie des Invertébrés Marins (Culture de cellules d'invertébrés marins).
- Prof. W.M. GOLDBERG, Department of Biological Sciences, Florida International University, Tamiami Campus, Miami, Floride (USA) (séjour de 2 mois en 1991).
- Dr. Yeishin ISA, Department of Biology, University of the Ryukyus, Okinawa (Japon) (séjour de 2 mois, décembre 1993-janvier 1994).
- Prof. L. MUSCATINE, University of California Los Angeles, USA (trois séjours de 2 mois).
- Dr. E. MUELLER, Mote Marine Laboratory, Florida Keys, FL., USA (deux séjours de 2 mois en 1993 et 1995).
- Prof. M. SHICK, University du Maine, Orono, USA (mécanisme d'action des UV sur les phénomènes biologiques ; séjour de 4 mois en 1997).
- Dr. T. TENTORI, Central Queensland University, Rockhampton, Australie : calcification des coraux mous (séjour de 5 mois en 1997-1998).
- Prof. N. WATABE, University of South Carolina, Electron Microscopy Center, Columbia (USA) (biochimie de la matrice organique des structures calcifiées).

## **EXPERTISE DE MANUSCRITS OU DE PROGRAMMES DE RECHERCHE**

---

Aquatic Living Resource  
Aust. J. Plant Physiol.  
Biogésociences  
Bolletino di Zoologia  
Comparative Biochemistry and Physiology

Coral Reefs  
Eur. J. Biochem.  
Experimental Cell Research  
Geochim. Geophys. Acta  
Invert. Biol.

Int J Biol Macromol  
J. Biol. Chem.  
J. Exp. Biol.  
J. Mar. Biol. Assoc. UK  
J. Exp. Mar. Biol. Ecol.  
Limnol & Oceanography  
Mar. Biol.  
Mar Biotechnol.  
Marine Ecology Progress Series  
Marine Life (Vie Marine)  
Nature

Nature Climate Change  
Plan Cell Environ  
Plos One  
PNAS  
Protist  
Protoplasma  
Science  
Symbiosis  
Tissue and Cell  
Vie Marine

Grants proposés à la NSF (National Science Foundation), ISF (Israel Science Foundation)  
ARC (Australian Research Council), ANR (Agence Nationale de la Recherche).  
Projets nationaux (appel d'offre "Biotechnologies" du Ministère de l'Éducation nationale de l'Enseignement supérieur et de la Recherche ; appel d'offres "Dorsales" - CNRS, IFREMER, ORSTOM, BRGM, PNRCO, Genoscope)  
Audit de l'EPHE (2008)  
Commissions AERES (2011, 2013)

## ACTIVITES ASSOCIATIVES

---

- International Society for reef studies.
- Association Française pour les récifs Coralliens (ACOR, membre élu du Conseil d'Administration)
- Société française de Biologie des tissus minéralisés.
- Société Batrachologique de France.
- Société Herpétologique de France.
- Membre des comités Biochimie / Microbiologie et Benthos de la CIESM.
- Conseiller scientifique de l'Association Monégasque pour la Protection de la Nature.
- Correspondant et membre du Centre d'Études et de Recherches sur l'Architecture Vernaculaire.
- Société Française pour l'étude des Souterrains (membre du Comité technique).
- Institut de Préhistoire et d'Archéologie des Alpes-Maritimes.
- Responsable pour le Ministère de la Culture du programme "habitats troglodytiques" pour le département des Alpes-Maritimes (DRAE).

## AUTRES ACTIVITES

---

### SCIENCES NATURELLES.

Recherches personnelles en Zoologie et Botanique.

- \* Biologie et répartition de *Craspedacusta sowerbyi* lank. méduse d'eau douce.  
ALLEMAND D. (1984) : "Une méduse d'eau douce sur la côte d'azur, *Craspedacusta sowerbyi*". Biocosme mésogéen 1 (4) : 139-143.
- \* Biologie et répartition de *Hydromantes italicus* batracien urodèle endémique et cavernicole.  
Participation à l'élaboration de l'Atlas des reptiles et amphibiens de France, au sein de la Société Herpétologique de France.
- \* Participation à l'élaboration de la cartographie des orchidées de France (département des Alpes-Maritimes).

### HISTOIRE ET ARCHÉOLOGIE

-Recherches personnelles en Histoire et Archéologie. Ces recherches ont fait l'objet en 1993 d'un contrat de consultant financé par la région PACA et le Ministère de la Culture par l'intermédiaire de la DRAE.

\* Congrès :

- + Participation aux Colloques d'Histoire Régionale de Mouans-Sartoux depuis leur création (1984) sous forme de communications orales.
- + Congrès annuel de la Soc. d'étude des Souterrains, Arfeuilles, juillet 1988. Présentation d'une communication orale : "L'architecture Troglodytique dans le sud-est de la France".

- + Second Congrès International de Subterranéologie, Mons (Belgique), 2-4 Aout 1997. Présentation d'une communication orale : "L'architecture rupestre et troglodytique en Provence".
- + Organisation du 27<sup>ème</sup> Congrès Annuel de la Société Française d'Étude des Souterrains à Cotignac (Var) : 20 – 23 Mai 2004. Présentation d'une conférence.
- + 3<sup>ème</sup> colloque pluridisciplinaire de St-Martin-Le-Vieil (Aude, France) : « Habitat troglodytique et sites rupestres au Moyen Age », 30 juin-1er juillet 2007. Présentation d'une communication.

\* Conférences invitées :

- + ARCHEAM
- + CEPAM
- + Musée d'Anthropologie Préhistorique de Monaco
- + CDS 06 / Musée océanographique
- + Emporium, Ampus

\* Publications : 29.

- + Ungar C., ALLEMAND D. (1983). Deux exemples de forteresses en falaise dans les préalpes de Grasse : Gars et Gourdon. Mémoires de l'Institut de Préhistoire et d'Archéologie des Alpes-Maritimes 26 : 77-86.
- + ALLEMAND D., Ungar C. (1984). Forteresses troglodytiques (exemples de grottes et abris murés) dans les préalpes de Grasse. Actes des 1<sup>ères</sup> Journées d'Histoire Régionale. Mouans-Sartoux, "Le Village". pp. 123-133.
- + ALLEMAND D., Ungar C. (1985). La commune de Saint-Vallier-de-Thiey: un exemple d'habitat dispersé. Actes des 2<sup>èmes</sup> journées d'Histoire régionale. Mouans-Sartoux. "Bastides, bories, hameaux. L'habitat dispersé en Provence". pp. 97-111.
- + Ungar C., ALLEMAND D. (1986). Grottes et abris murés à Saint-Jeannet, Peille et Touet de l'Escarène. Mémoires de l'institut de Préhistoire et d'Archéologie des Alpes-Maritimes. 28 : 133-146.
- + ALLEMAND D. (1987) Bibliographie de l'architecture troglodytique de la Provence. L'Architecture Vernaculaire, 11 : 35-39.
- + ALLEMAND D., Ungar C. (1988). Grottes murées en Haute-Provence: Mons, Méailles, Châteauneuf-les-Moustiers. Mémoires de l'institut de Préhistoire et d'Archéologie des Alpes-Maritimes. 30 : 157-163.
- + ALLEMAND D., Ungar C. (1989). Fortifications troglodytiques du sud-est de la France. Subterranea 69 : 22-28.
- + Ungar C., ALLEMAND D. (1991). Fortifications troglodytiques du sud-est de la France : la grotte fortifiée de Varages et la "maison des fées" de Cabasse (Var). Mémoires de l'institut de Préhistoire et d'Archéologie des Alpes-Maritimes. 33 : 115-122.
- + Ungar C., ALLEMAND D. (1992). Fortifications troglodytiques du sud-est de la France : deux grottes murées dans la haute vallée de la Roya. Mémoires de l'institut de Préhistoire et d'Archéologie des Alpes-Maritimes. 34 : 103-113.
- + Ungar C., ALLEMAND D. (1994). Deux exemples d'architecture rupestre dans les Alpes-Maritimes : l'abri muré de Marie-sur-Tinée et la grotte des Chouettes à Tende" Mémoires de l'institut de Préhistoire et d'Archéologie des Alpes-Maritimes. 36 : 103-110.
- + Ungar C., ALLEMAND D. (1994). Inventaire de grottes et abris murés dans les Alpes-Maritimes et régions limitrophes. Rapport d'activité, DRAE, PACA, Aix-en-Provence.
- + Ungar C., ALLEMAND D. (1995). Trois exemples de fortification dans la vallée de la Roya. In : "Guerres et Fortifications en Provence", Actes des 4<sup>èmes</sup> journées d'Histoire de l'espace provençal", Mouans-Sartoux, CRDO, pp. 137-156.
- + Ungar C., ALLEMAND D. (1995). Grottes murées dans la haute vallée de la Roya. Le Haut-Pays. Journal de la Roya-Bévéra. 34: 10-12.
- + ALLEMAND D., Ungar C. (1996). Sanctuaires rupestres en Provence. Subterranea, 99 : 87-97.
- + ALLEMAND D., Ungar C. (1996). La baume fortifiée de Quinson (83, Var) et la 'Balma Murau' de Valdeblore (06, Alpes-Maritimes). Mémoires de l'institut de Préhistoire et d'Archéologie des Alpes-Maritimes. 38 : 141-154.
- + ALLEMAND D., Ungar C. (1997). L'architecture rupestre et troglodytique en Provence. Actes du Second Congrès International de Subterranéologie, Mons (Belgique), pp. 179-203.
- + ALLEMAND D., Laffite J., Ungar C. (1998). Cabanes voûtées en pierre sèche dans les Alpes-Maritimes. 1. Répartition. Architecture Vernaculaire. XXII : 33-40.
- + ALLEMAND D., Ungar C. (1999). Forteresses rupestres médiévales en Provence orientale. Subterranea, 109 : 2-14.
- + ALLEMAND D., Ungar C. (1999). La commune de Saint-Vallier-de-Thiey: un exemple d'habitat dispersé. Bulletin du Groupe de Recherches Historiques en Provence. 16 : 3-13.
- + ALLEMAND D., Laffite J., Ungar C. (2001). Constructions voûtées en pierre sèche : L'exemple du terroir du Puy de Tourrettes (Tourrettes/Loup et Courmes, Alpes-Maritimes). Architecture Vernaculaire. XXV : 5-17.
- + ALLEMAND D., Ungar C. (2004). L'architecture rupestre et troglodytique dans les Alpes-Maritimes et les départements du Sud-Est de la France. Actes du 27<sup>ème</sup> congrès de la SFES. Pp. 61-85.



- + ALLEMAND D., Ungar C. (2005). Provence et Comté de Nice : L'architecture troglodytique. Dossiers de l'Archéologie. 301 : 50-55.
- + ALLEMAND D. (2005). Une Borie double sur le camp militaire de Canjuers (Var, 83). Pierre Sèche varoise. 7: 8-10.
- + ALLEMAND D., Léone A., Broëker R., Hughes J.-P., Stevens L. (2009). Un gouffre aménagé en Provence : le Trou de Gaspard de Besse. Subterranea. 149 : 2-13.
- + ALLEMAND D., Ungar C. (2009). Le Trou du Diable à Saint-Martin-Vésubie (06). Mémoires de l'institut de Préhistoire et d'Archéologie Alpes Méditerranée. 51 : 357-363.
- + Broëker R., ALLEMAND D., Léone A., Hughes J.-P., Stevens L. (2010). Un gouffre aménagé en Provence : le Gouffre de Gaspard de Besse. Provence Historique. LX (240) : 181 – 196
- + ALLEMAND D., Broëker R., Léone A., Stevens L. (2012). Le gouffre oublié : enquête autour d'une cavité aménagée. Archéologia, Janvier 2012. 495 : 26-35.
- + Ungar C., ALLEMAND D. (2012). Architecture rupestre et grottes murées. Lou Sourgentin, 203 : 14-15.
- + ALLEMAND D., Ungar C. (2014). Grottes-refuges en Provence orientale : de l'abri temporaire au château troglodytique. In : « Vivre sous terre. Sites rupestres et habitats troglodytiques dans l'Europe du Sud ». Actes du 3e colloque pluridisciplinaire de St-Martin-Le-Vieil (2007). Bourin Monique, Marie-Élise Gardel et Florence Guillot (Eds), Presses Universitaires de Rennes, Rennes, pp.169 – 186.

#### TOURISME.

- Animateur scientifique et accompagnateur de moyenne montagne dans la région grasse de 1973 à 1985. Organisation de conférences, d'excursions guidées, rédaction de guides de tourisme pour les Syndicats d'Initiatives de Saint-Vallier-de-Thiery et de Saint-Cézaire.
- Aménagement et gestion d'une grotte ouverte au tourisme (Grotte de Baume Obscure).
- Rédaction d'un guide de tourisme sur la Principauté de Monaco (1990) : édité en 7 langues (F, GB, I, E, NL, D, J - premier guide en Japonais sur la Principauté de Monaco).

# RESUME DES ACTIVITES DE RECHERCHE DES CINQ DERNIERES ANNEES

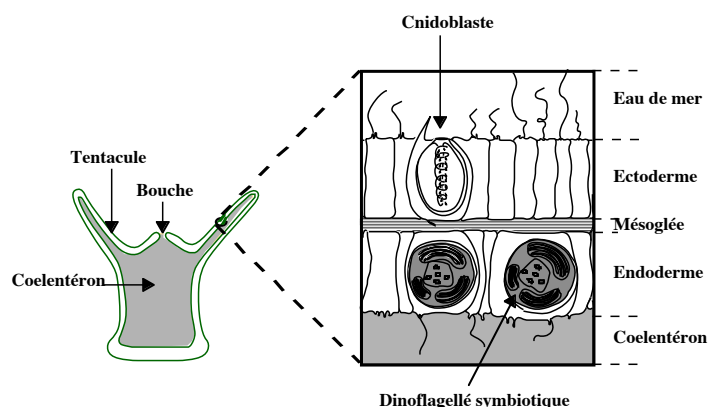
Mes activités de recherche concernent la biologie des organismes marins. Trois grandes étapes peuvent être énumérées : i) les mécanismes de la fécondation étudiés chez un invertébré marin, l'oursin, ii) l'écotoxicologie étudiée chez l'œuf d'oursin ou la microalgue, *Hymenomonas elongata* (Coccolithophorides), iii) la biologie des Cnidaires (Symbiose et Biominéralisation). Je ne détaillerai ici que cette dernière partie qui m'occupe depuis une quinzaine d'année. Les références à mes articles sont indiquées en gras dans le texte, la numérotation correspondant à la liste de mes publications présentée pages 12 à 16.

## **Organisation et évolution de l'équipe « Réponse des Organismes aux stress abiotiques »**

Lors de la création de l'UMR INRA – UNSA 1112 en 1999 « Réponse des Organismes aux stress environnementaux », j'ai créé l'une des 5 équipes de recherche constituant l'UMR. Cette équipe a initialement fonctionné avec un Ingénieur de Recherche (François SOLA) et un étudiant en DEA de Biologie Cellulaire (Delphine PIGOZZI). En 2000, deux maîtres de conférence sont venus étoffer l'équipe, Pierre-Laurent MERLE et Paola FURLA, ainsi qu'un nouvel étudiant en DEA, Sophie RICHIER, puis en 2001 une seconde étudiante, Amandine PLANTIVAUX. Ces deux étudiantes ont obtenu une bourse de thèse (bourse région-entreprise avec la société Daniel Jouvance et bourse Cifre avec la société Vincience). En 2003, un troisième maître de conférence est venu renforcer l'équipe, Cécile SABOURAULT, spécialiste de Génomique des Invertébrés. Une collaboration étroite avec Didier FORCIOLI, membre de l'équipe de « Biologie des Populations en Interactions » de notre UMR nous permet également d'élargir notre approche aux populations. Nous avons eu également le plaisir d'accueillir pendant un mois en novembre 2000 grâce à un financement universitaire un collègue américain, le Prof. Malcolm SHICK (Université du Maine), spécialiste incontesté des effets des UV sur les organismes symbiotiques, puis en mars 2001 le Professeur K. ASADA (University of Kyoto), spécialiste du stress oxydant chez les plantes et en novembre 2004, le Dr Virginia WEIS (Oregon State University), spécialiste des symbioses Cnidaires / zooxanthelles. À la suite de la mise en place des programmes ANR, nous avons soumis deux projets, tous deux acceptés (ANR Biodiversité Medchange en collaboration avec le Centre Océanologique de Marseille et ANR Jeunes Chercheurs). L'ensemble de ces travaux est réalisé en collaboration avec les équipes de Physiologie et d'Écophysiologie du Centre Scientifique de Monaco (Drs Sylvie TAMBUTTE et Christine FERRIER-PAGES) dont j'assume la direction scientifique depuis 2001.

## **1. POURQUOI ETUDIER LES CNIDAIRES ?**

Les Cnidaires forment un vaste embranchement dont les représentants sont très polymorphes : méduses, anémones, hydre, coraux... Ce sont des organismes à l'anatomie relativement simple, constitués seulement de deux couches cellulaires, l'ectoderme et l'endoderme séparés par une lame extracellulaire, la mésogée (**articles 36, 40**). Ce sont les premiers Métazoaires à former de véritables tissus (Eumétazoaires). Leur forme générale est celle d'un sac (Figure ci-contre).

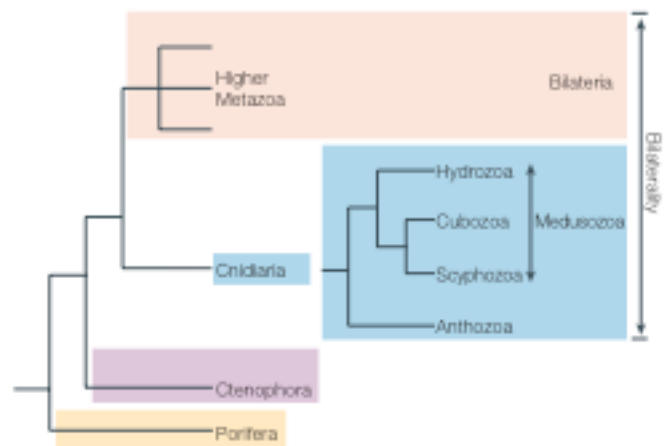


Ces organismes peuvent être solitaire (anémones, hydres) ou coloniaux, dans ce cas un phénomène de bourgeonnement multiplie le polype initial pour former de vastes structures de plusieurs mètres de diamètre comme chez les coraux constructeurs de récifs. *Sur le plan écologique*, les Cnidaires jouent un rôle de premier plan puisqu'ils sont les principaux acteurs de la construction des récifs coralliens. Ces écosystèmes constituent les zones marines les plus productives et comportant

la plus forte biodiversité de la planète. On estime en effet que les récifs, dont la surface correspond à peine à 0,16 % de la surface totale des océans<sup>1</sup> abritent au moins 30 % de toute la faune marine connue à ce jour<sup>2</sup>. Ce nombre, sûrement très sous-estimé, montre clairement que cet écosystème représente l'équivalent marin des forêts tropicales. Les récifs coralliens constituent une source de revenus pour de nombreux pays, une protection physique des côtes contre l'érosion, mais également une source largement inexploree de molécules d'intérêt pharmacologique et de modèles biologiques<sup>3</sup>. Cette extraordinaire capacité à se développer dans des milieux oligotrophes est due à la présence d'algues unicellulaires (Protistes Dinoflagellés appelés zooxanthelles) à l'intérieur des cellules du Cnidaire sous la forme d'une *symbiose* mutualiste. La présence de ces algues stimule fortement, chez les coraux, leur capacité à former leur squelette (*Biominéralisation*), phénomène connu sous le terme anglo-saxon de *light-enhanced calcification*. En milieu tempéré, les écosystèmes coralliens sont constitués par le coralligène (gorgones, corail rouge), qui constitue une importante zone patrimoniale sous nos latitudes.

*Sur le plan biologique*, il apparaît à la lumière de récents travaux de génomique, que les Cnidaires seraient plus proches des vertébrés que ce qui était suspecté initialement. En effet, une étude australienne<sup>4</sup> vient de démontrer, par une analyse de 1300 gènes extraits du génome du corail *Acropora millepora*, que 90 % d'entre eux sont présents dans le génome humain et que 10 % d'entre eux sont présents chez l'homme et non chez les invertébrés pourtant classiquement utilisés comme modèle de génétique comme la drosophile ou le nématode *Caenorhabditis elegans*. Cette extraordinaire homologie pose de nombreuses questions phylogénétiques. Elle démontre également que les coraux constituent d'excellents modèles biologiques. Nos propres travaux centrés sur certains gènes d'intérêt vont dans le même sens (1999 : **article 41** ; 2004 : **articles 51 et 54**).

Une nouvelle phylogénie, basée sur diverses études moléculaires, émerge actuellement, plaçant les Cnidaires à la base de la divergence des Métazoaires parmi les Bilatéraux comme groupe-frère des autres Métazoaires<sup>5</sup> (cf. Figure ci-contre, d'après Ball et al. 2004). La symétrie bilatérale aurait été perdue par la suite de l'évolution.



Les Cnidaires forment donc un groupe zoologique important, dont l'anatomie relativement simple et les affiliations phylogénétiques en font des modèles extrêmement importants. La présence d'endosymbiotes leur procurant de nouvelles capacités métaboliques, mais également de nombreuses contraintes, et leur capacité à constituer d'importantes constructions biominérales, renforcent l'intérêt de ces organismes, peu étudiés en France alors qu'ils font l'objet de plus en plus de recherches aux U.S.A ou en Australie, où de vastes programmes de séquençage sont actuellement en cours.

<sup>1</sup> Smith (1978, Nature 273 : 225-226) l'estime à 600 000 Km<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> Porter et Tougas (2001, In Encyclopedia of Biodiversity) avancent le chiffre de 93000 espèces décrites dans les récifs sur un total de 274 000 espèces marines connues.

<sup>3</sup> Voir par exemple Fung F.M.Y., Ding J.L. (1998). A novel antitumour compound from the mucus of a coral, *Galaxea fascicularis*, inhibits topoisomerase I and II. *Toxicon* 36 : 1053-1058.

<sup>4</sup> Kortschak et al. (2003). EST analysis of the Cnidarian *Acropora millepora* reveals extensive gene loss and rapid sequence divergence in the model invertebrates. *Current Biology* 13 : 2190-2195.

<sup>5</sup> Ball, E. E., Hayward, D. C., Saint, R., Miller, D. J. (2004). A simple plan - Cnidarians and the origins of developmental mechanisms. *Nature Reviews Genetics* 5 : 567-577.

## 2. CONTRAINTES IMPOSEES PAR LA SYMBIOSE ET SOLUTIONS

Comme nous l'avons dit ci-dessus, les symbiotes Dinoflagellés sont situés dans les cellules de leur hôte animal, principalement de l'endoderme oral<sup>6</sup>. L'étude des bénéfices mutuels de cette symbiose ont fait l'objet de nombreuses revues<sup>7</sup>. Le bénéfice principal pour le Cnidaire est nutritionnel, l'hôte récupérant l'excès des photosynthétats de la zooxanthelle, vraisemblablement sous la forme de glycérol ou de glucose, permettant ainsi aux coraux de vivre dans des eaux oligotrophes. Néanmoins, le corail reste un organisme hétérotrophe bien que les parts relatives de ces deux modes de nutrition soient l'objet de débats (**articles 37 et 38**). Par leur production d'oxygène, les zooxanthelles facilitent la respiration de leur hôte, limitée par la diffusion d'oxygène (**article 47**). Cependant la présence de ces endosymbiotes photosynthétiques va imposer des contraintes à l'hôte animal : nécessité de fournir aux symbiotes intracellulaires l'azote et le gaz carbonique dont ils ont besoin, nécessité de vivre près de la surface et donc de s'exposer aux rayonnements solaires, nécessité de tolérer de fortes hyperoxies. Les travaux de mon équipe ont cherché ces dernières années à préciser les modalités de ces contraintes et les solutions adoptées par les deux partenaires de la symbiose (**articles de synthèses 36, 64 et 66**).

### 2.1. La fourniture en CO<sub>2</sub>

Si les algues libres sont approvisionnées directement à partir de l'eau de mer, la position intracellulaire de la zooxanthelle nécessite que le CO<sub>2</sub> soit fourni par l'hôte. La photosynthèse nette étant deux (chez *Stylophora pistillata*) à trois fois (chez *Anemonia viridis*) supérieure à la respiration, le CO<sub>2</sub> résultant de la respiration couplée de l'hôte et du symbiote n'est pas suffisant. Du CO<sub>2</sub> provenant d'une autre source doit donc être fourni aux zooxanthelles pour qu'elles assurent une photosynthèse optimale (**articles 24, 25, 26, 42**). Ainsi, l'hôte animal doit-il absorber le CO<sub>2</sub> à partir de l'eau de mer pour le transférer à ses zooxanthelles, contrôlant ainsi leur photosynthèse. Cependant, l'enzyme fixant le CO<sub>2</sub>, la Rubisco (ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase-oxygenase) est chez les Dinoflagellés de type II, différent de la Rubisco des plantes qui est de type I. La Rubisco de type II possède une affinité pour le CO<sub>2</sub> faible (de l'ordre de 100 μM<sup>8</sup>) et une forte activité oxygénase<sup>9</sup>. Pour fonctionner correctement, la Rubisco de type II des zooxanthelles nécessite donc une forte concentration de CO<sub>2</sub> : le Cnidaire doit donc non seulement transporter le CO<sub>2</sub>, mais également le concentrer. En effet, dans l'eau de mer, si la concentration totale de carbone inorganique dissous (CID) est de l'ordre de 2 mM, la concentration de CO<sub>2</sub> dissous est seulement de 10 μM, la majeure partie de ce carbone étant sous la forme de bicarbonate (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>).

Comment l'hôte animal s'est-il adapté à ces contraintes ? Pour répondre à cette question, nous avons développé différents montages expérimentaux à partir de tentacules isolés de l'anémone de mer *Anemonia viridis* : tentacule en sac, tentacule perfusé, tentacule monté en chambre de Ussing, tentacule inversé (**articles 24, 27, 33, 34**). Grâce à ces techniques originales, nous avons montré que la fourniture en gaz carbonique des zooxanthelles se faisait à partir du bicarbonate (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) dans l'eau de mer (**article 25**) et non pas directement du CO<sub>2</sub>. Cependant, comme nous avons également montré que le renouvellement du contenu de la cavité gastro-vasculaire par la bouche de l'animal n'était pas suffisant pour assurer la fourniture en CID (**article 33**), il fallait donc supposer l'existence d'une absorption de CID

---

<sup>6</sup> Couches cellulaires faisant face à l'eau de mer, par rapport aux couches aborales faisant face au substrat.

<sup>7</sup> Goodson, M. S., Whitehead, F., Douglas, A. E. (2001). Symbiotic dinoflagellates in marine Cnidaria: diversity and function. *Hydrobiologia*, 461 : pp. 79-82.

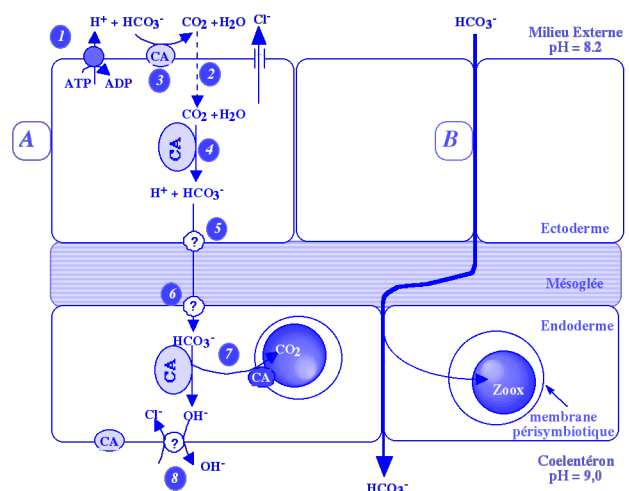
<sup>8</sup> Raven, J. A. (1997). Inorganic carbon acquisition by marine autotrophs. *Adv. Bot. Res.* 27 : 85-209.

<sup>9</sup> Rowan, R., Whitney, S. M., Fowler, A., Yellowlees, D. (1996). Rubisco in marine symbiotic dinoflagellates: Form II enzymes in eukaryotic oxygenic phototrophs encoded by a nuclear multigene family. *Plant Cell* 8 : 539-553.

par l'ectoderme oral du Cnidaire. Les mesures effectuées en chambre de Ussing et sur tentacule perfusé, utilisant du  $\text{H}^{14}\text{CO}_3^-$ , ont permis de démontrer que ce bicarbonate est transporté à partir de l'eau de mer à travers les tissus épithéliaux de la face orale du corail par une voie majoritairement transcellulaire : seulement 15 % du CID utilisé pour la photosynthèse résulte d'un transport diffusionnel paracellulaire (**articles 24, 33**). Le résultat de ce transport polarisé est l'alcalinisation du milieu intérieur (face endodermique) dont le pH passe, après environ 20 minutes de lumière, de 7,0 (valeur à l'obscurité) à 9,0 alors que le pH du milieu externe, source de  $\text{HCO}_3^-$ , n'est pas affecté pendant ce laps de temps (**article 34**). Cette alcalinisation est inhibée lorsque le  $\text{HCO}_3^-$  est absent du milieu baignant la face ectodermique ou lorsqu'un inhibiteur de son transport est ajouté dans ce milieu confirmant la polarisation du transport. Un tel modèle de polarité fonctionnelle due à l'absorption active de  $\text{HCO}_3^-$  pour la photosynthèse est également décrit chez certaines plantes aquatiques comme *Potamogeton*<sup>10</sup>.

Ainsi, les tissus du Cnidaire sont capables d'absorber activement le CID à partir du  $\text{HCO}_3^-$  dissous dans le milieu externe (eau de mer) et de le transférer aux zooxanthelles intracellulaires. Afin de déterminer les mécanismes de transport mis en jeu, nous avons purifié la membrane plasmique apicale de l'ectoderme oral et préparé des vésicules membranaires à partir de ses nombreuses microvillosités (**article 42**). L'utilisation de ces vésicules ne nous a pas permis de mettre en évidence un co-transport mettant en jeu le  $\text{HCO}_3^-$ . Par contre, ces vésicules présentent une forte activité  $\text{H}^+$ -ATPase. Une étude pharmacologique de cette activité a ainsi permis d'en préciser la nature. Celle-ci n'est que peu sensible aux inhibiteurs des ATPases de type vacuolaire (V-ATPases), bafilomycine et NEM. Par contre, cette activité est fortement sensible à l'inhibiteur vanadate ( $\text{IC}_{50} = 10 \mu\text{M}$ ), spécifique des ATPases de type P, ainsi que de façon plus surprenante, au DIDS ( $\text{IC}_{50} = 14 \mu\text{M}$ ), un inhibiteur classique des échangeurs d'anions. Ces caractéristiques démontrent que cette ATPase est de type P. Celles-ci peuvent être électrogéniques ou électroneutres. L'insensibilité de cette activité à la présence de  $\text{K}^+$  ou de  $\text{Ca}^{2+}$  suggère la présence d'une  $\text{H}^+$ -ATPase de type P électrogénique plutôt que d'une  $\text{H}^+/\text{K}^+$ -ATPase. Une anhydrase carbonique est également présente dans les cellules ectodermiques et endodermiques, mais sa distribution n'est pas homogène : 96 % de l'activité est cytosolique, le reste étant associé à la membrane plasmique (**article 42**). La caractérisation de cette enzyme est en cours en collaboration avec une équipe australienne (D. Yellowlees, B. Leggat).

L'ensemble des résultats obtenus par l'étude de l'épithélium oral isolé d'*Anemonia viridis* (**articles 24, 33, 34**) ainsi que l'approche sur membranes isolées (**article 42**), ont permis d'établir un modèle d'absorption de carbone inorganique du milieu externe décrit sur la figure ci-contre (d'après **article 57**). Le  $\text{HCO}_3^-$  peut emprunter les deux différentes voies de perméation à travers la couche épithéliale ectodermique (paracellulaire et transcellulaire) de manière à atteindre



<sup>10</sup> Elzenga, J. T. M., Prins, H. B. A. (1988). Adaptation of *Elodea* and *Potamogeton* to different inorganic carbon levels and the mechanism for photosynthetic bicarbonate utilization. *Aust. J. Plant Physiol.* 15 : 727-735.

les cellules endodermiques contenant les Dinoflagellés symbiotiques. 85 % du carbone inorganique utilisé pour la photosynthèse des zooxanthelles emprunte une voie transcellulaire (A) faisant intervenir des mécanismes de transport actifs de  $\text{HCO}_3^-$ , alors que 15 % seulement de cette absorption résulte d'une voie diffusionnelle (B). L'absorption de  $\text{HCO}_3^-$  au niveau de la membrane plasmique apicale des cellules ectodermiques s'opère grâce à la présence d'une pompe à protons qui permet de titrer hors de la cellule les ions  $\text{HCO}_3^-$  en  $\text{CO}_2$  capables alors de diffuser à travers la couche lipidique. De plus, cette réaction de déshydratation est favorisée par la présence d'une anhydrase carbonique (CA) membranaire qui accélère la réaction. Dans la cellule ectodermique, une anhydrase carbonique intracellulaire favorise l'équilibration du  $\text{CO}_2$  en  $\text{HCO}_3^-$  évitant ainsi les pertes de  $\text{CO}_2$  par diffusion hors de la cellule. Les mécanismes empruntés par le  $\text{HCO}_3^-$  pour sortir des cellules ectodermiques par la membrane basolatérale et pour pénétrer dans les cellules endodermiques sont encore inconnus, bien que l'on puisse suggérer la présence d'un échangeur anionique de type  $\text{Cl}^-/\text{HCO}_3^-$  à ce niveau. De plus, au niveau des cellules endodermiques, les études sur l'épithélium entier d'*Anemonia viridis* suggèrent la présence de mécanismes de transport similaires à ceux qui sont localisés sur les membranes ectodermiques ( $\text{H}^+$ -ATPase, CA). À l'intérieur des cellules endodermiques, proche ou dans les symbiotes phototrophes, le  $\text{HCO}_3^-$  transporté est déshydraté en  $\text{CO}_2$  de manière à pouvoir être fixé par la Rubisco. Cette déshydratation peut s'opérer soit par la présence d'une anhydrase carbonique localisée au niveau du cytoplasme animal (**article 42**), soit au niveau des symbiotes (**article 26**). La fixation du  $\text{CO}_2$  par la Rubisco, crée un flux d'ions  $\text{OH}^-$  qui sont forcés à sortir du cytoplasme animal par un mécanisme devant encore être approfondi mais qui semble être dépendant du  $\text{Cl}^-$  (**article 34**). Ce flux d' $\text{OH}^-$  est responsable de la formation du gradient de pH de part et d'autre du tissu oral.

Ainsi, de façon très originale pour une cellule animale, l'épithélium oral d'anémone de mer est capable d'absorber du  $\text{CO}_2$  pour approvisionner ses zooxanthelles. Mais, ainsi qu'il a été dit plus haut, pour pouvoir fonctionner correctement en tant que carboxylase, la Rubisco des zooxanthelles doit être soumise à une forte  $p\text{CO}_2$ . Les zooxanthelles ont ainsi développé des stratégies adaptatives morphologiques et physiologiques pour limiter la concentration d'oxygène et pour augmenter la concentration de  $\text{CO}_2$  au niveau du site actif de la Rubisco. Ainsi, chez les zooxanthelles, la Rubisco est localisée en majeure partie à l'intérieur d'un corps d'accumulation présent dans le chloroplaste, appelé Pyrénocyste. Cette structure isole la Rubisco des membranes thylacoïdes où les molécules d'oxygène sont produites, permettant ainsi de contenir la réaction oxygénase de l'enzyme. Parallèlement, une stratégie physiologique a permis d'augmenter la concentration de  $\text{CO}_2$  au niveau du site actif de la Rubisco. De nombreuses microalgues et cyanobactéries ont développé des systèmes de concentration de  $\text{CO}_2$ , appelés CCM (pour « Carbon-Concentrating Mechanisms »<sup>11</sup>). Ces CCM se caractérisent par la présence d'une concentration élevée de CID intracellulaire qui ne peut se justifier par son équilibration passive à travers la membrane plasmique. À l'aide de techniques isotopiques, nous avons mesuré l'incorporation de  $\text{H}^{14}\text{CO}_3^-$  à l'intérieur des tissus du corail *Stylophora pistillata*. Chez ce corail, nous avons montré qu'à la lumière, lorsque la demande des zooxanthelles en CID est élevée, la concentration de CID radioactif à l'intérieur des cellules animales est 23 fois plus élevée qu'à l'obscurité (**article 45**) ! Ainsi l'hôte animal non seulement transporte le CID, mais le concentre dans ses tissus pour assurer une photosynthèse optimale de ses zooxanthelles de façon analogue à de nombreux phototrophes aquatiques. L'ensemble de ces travaux ont fait l'objet de plusieurs articles de synthèse suite à des sollicitations d'éditeurs (**articles 36, 40, 44, 64 et 66**).

---

<sup>11</sup> Raven, J. A. (1997). Inorganic carbon acquisition by marine autotrophs. *Adv. Bot. Res.* 27 : 85-209.

Nous pouvons donc conclure, qu'à l'instar des plantes aquatiques, les Cnidaires symbiotiques ont développé des systèmes de concentration de carbone inorganique afin d'assurer la photosynthèse de leurs zooxanthelles. Un tel système d'absorption et d'accumulation de CID, totalement inconnu chez les animaux non symbiotiques, a été également décrit dans diverses autres symbioses marines phototrophes comme la symbiose entre le mollusque Bénitier et les zooxanthelles<sup>12</sup> ou celle du ver tubicole Annélide, *Riftia pachyptila* avec des bactéries sulfoxydantes<sup>13</sup>.

## 2.2. La fourniture en Azote

Les milieux récifaux sont pauvres en matières azotées. De plus, comme pour le CO<sub>2</sub>, la position intracellulaire des zooxanthelles rend obligatoire le transit à travers des tissus de l'hôte des composés nécessaires à leur métabolisme. Curieusement, alors qu'un animal non symbiotique excrète l'azote sous différentes formes (urée, ammonium, acide urique), les Cnidaires symbiotiques, non seulement ne produisent pas de déchets azotés, mais de plus en absorbent activement<sup>14</sup>. Nous nous sommes donc intéressé à déterminer dans un premier temps, les substances azotées transportées et leur métabolisme. Comme la plupart des invertébrés marins (**articles 1, 3**), les coraux sont capables d'absorber les acides aminés dissous dans l'eau de mer (**article 16**). Ils sont également capables d'ingérer des proies (**article 38**) ou du mucus (**article 37**). À l'aide d'isotopes stables de l'azote (<sup>15</sup>N), nous avons pu montrer que, plus curieusement, les coraux sont également capables d'absorber de l'ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), du nitrate (**article 50**) ou de l'urée (**article 69**) même à faible concentration. Le processus semble dépendre de la lumière et donc vraisemblablement de l'activité des zooxanthelles. Alors que le nitrate et l'ammonium se retrouvent principalement concentrés dans les zooxanthelles, l'urée se retrouve majoritairement dans les tissus animaux.

## 2.3. Protection contre les UV

Afin d'être soumis à une irradiation optimale, les Cnidaires symbiotiques doivent vivre à proximité de la surface des eaux. Ils sont alors non seulement soumis aux rayonnements photosynthétiquement actifs (400-700 nm) mais également aux rayonnements ultra-violet (UVR, 280-400 nm) nocifs pour les animaux. Pour se protéger, les coraux constructeurs de récifs synthétisent des substances appelées mycosporines (ou MAA) qui absorbent les UV autour de 320 nm<sup>15</sup>. Les MAA sont synthétisées via la voie de l'acide shikimique qui n'existe normalement pas chez les Métazoaires. Ainsi les MAA présents chez les Cnidaires seraient synthétisés par le Dinoflagellé. Il apparaît en fait que les tissus de l'hôte possèdent des MAA apparemment absents du symbiote, suggérant un transfert de certains MAA précurseurs du symbiote à l'hôte puis une métabolisation par l'hôte<sup>16</sup>. En collaboration avec Malcolm Shick (Université du Maine, USA), nous avons étudié la distribution dans les tissus de l'hôte des MAA ainsi que les mécanismes de régulation de leur synthèse. Les MAA sont plus

---

<sup>12</sup> Leggat, W., Marendy, E. M., Baillie, B., Whitney, S. M., Ludwig, M., Badgaer, M. R., Yellowlees, D. (2002). Dinoflagellate symbioses: strategies and adaptations for the acquisition and fixation of inorganic carbon. *Funct. Plant. Biol.* **29** : 309-322.

<sup>13</sup> Goffredi et al. (1997). Inorganic carbon acquisition by the hydrothermal vent tubeworm *Riftia pachyptila* depends upon high external PCO<sub>2</sub> and upon proton-equivalent ion transport by the worm. *J. Exp. Biol.* **200** : 883-896 ; Goffredi et al. (1998) How to be the perfect host: CO<sub>2</sub> and HS<sup>-</sup> accumulation and H<sup>+</sup> elimination in the hydrothermal vent tubeworm *R. pachyptila*. *Cah. Biol. Mar.* **39** : 297-300

<sup>14</sup> Muscatine, L., Masuda, H., Burnap, R. (1979). Ammonium uptake by symbiotic and aposymbiotic reef corals. *Bull. Mar. Sci.* **29** : 572-575.

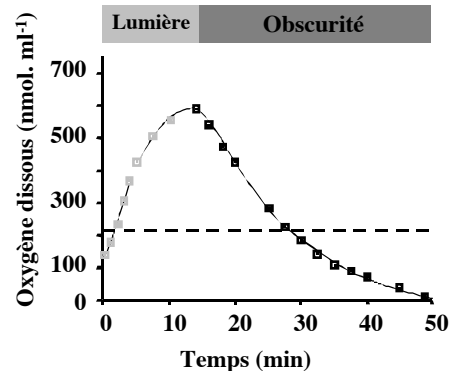
<sup>15</sup>Dunlap, W. C., Shick, J. M., Yamamoto, Y. (2000). UV protection in marine organisms. I. Sunscreens, oxidative stress and antioxidants. In *Free radicals in chemistry, Biology and Medicine*, eds. Y. Yoshikama S. Toyokuni Y. Yamamoto and Y. Naito). London: OICA International. ; Shick, J. M., Dunlap, W. C. and Buettner, G. R. (2000). UV protection in marine organisms. II. Biosynthesis, accumulation and suncreening function of mycosporine-like amino acids. In *Free radicals in chemistry, Biology and Medicine*, eds. Y. Yoshikama S. Toyokuni Y. Yamamoto and Y. Naito). London: OICA International.

<sup>16</sup>Shick, J. M., Romaine-Lioud, S., Ferrier-Pagès, C., Gattuso J. P. (1999). Ultraviolet-B radiation stimulates shikimate pathway-dependent accumulation of mycosporine-like amino acids in the coral *Stylophora pistillata* despite decreases in its population of symbiotic dinoflagellates. *Limnol. Oceanogr.* **44** : 1667-1682.

concentrés dans les tissus du coail que dans le symbiote, mais leur synthèse ne dépend pas seulement des rayonnements UV mais également de la photosynthèse, confirmant le rôle des zooxanthelles dans cette synthèse. La sécrétion des MAA par les zooxanthelles semble également régulée par l'hôte (**article 62 et revue 64**).

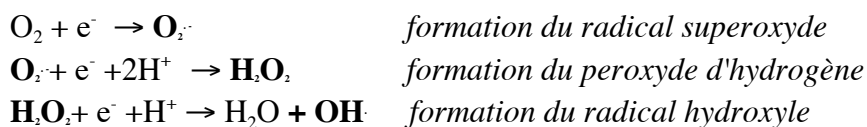
#### 2.4. Protection contre l'hyperoxie

L'approvisionnement en CO<sub>2</sub> de la zooxanthelle par le partenaire animal permet d'optimiser la photosynthèse du symbiote, produisant ainsi de l'O<sub>2</sub> en grande quantité. Avant de diffuser vers le milieu extérieur, cet O<sub>2</sub> va créer une hyperoxie des tissus non seulement du symbiote, mais également de l'hôte. Cette hyperoxie est forte, atteignant 2 à 3 fois la valeur de la normoxie après seulement 10-20 minutes d'éclairement optimal (**article 47**). La figure ci-contre montre un exemple de cinétique de la concentration d'O<sub>2</sub> dans un tentacule isolé lors de la transition obscurité – lumière.



L'oxygène est à l'origine de la formation de dérivés réactifs de l'oxygène ou DRO (« Reactive Oxygen Species » ou ROS, en anglais), dont certains sont des radicaux libres. Ces derniers peuvent se former au niveau de la chaîne de transport d'électrons des mitochondries et des chloroplastes, ou lors de diverses réactions enzymatiques dans les mitochondries, dans le réticulum endoplasmique ou dans les peroxisomes<sup>17</sup>. Les DRO, très toxiques, sont à l'origine d'effets néfastes, appelés stress oxydants, comme l'oxydation de lipides membranaires, de macromolécules (protéines, ADN...) qui conduisent à long terme à un vieillissement cellulaire et même à la mort de la cellule. Ainsi, une autre contrainte résultant de la symbiose à laquelle va être confronté l'hôte animal est de résister à l'hyperoxie tissulaire et à la surproduction de DRO, contrainte à laquelle peu d'organes animaux sont normalement soumis, mis à part quelques exceptions comme la vessie gazeuse des poissons téléostéens (cf. pour revue **article 64**).

Trois DRO sont majoritairement impliqués dans ces processus : le radical superoxyde, O<sub>2</sub><sup>•-</sup>, le peroxyde d'hydrogène, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> et le radical hydroxyle, OH<sup>•</sup>. Ces espèces réactives résultent de la réduction de l'O<sub>2</sub> initiée par l'apport d'un électron selon les réactions suivantes :



Afin d'éliminer ces radicaux libres, les organismes ont développé au cours de l'évolution deux types de mécanismes de défense :

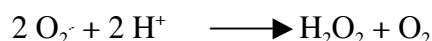
- des mécanismes non enzymatiques, constitués de substances antioxydantes mettant en jeu des « piègeurs stœchiométriques » qui ne sont capables de neutraliser qu'un seul radical libre par molécule (acide ascorbique ou vitamine C, acide urique, tocophérol ou vitamine E, flavonoïde ou vitamine P, glutathion...) ou des « piègeurs non stœchiométriques » comme le β-carotène, spécifique de l'oxygène singulet.

<sup>17</sup> cf. pour synthèse Halliwell, B. et Gutteridge, J. M. C. (1999). Free radicals in biology and medicine. Oxford Science Publications.



- des mécanismes enzymatiques, où trois familles d'enzymes constituent les clés de voûte de cette protection : i) les superoxydes dismutases (SODs), ii) les peroxydases, enzymes cytosoliques sélénées réduisant le peroxyde d'hydrogène mais aussi les peroxydes lipidiques, iii) les catalases, généralement confinées dans les peroxysomes accélérant la réaction spontanée qui transforme le peroxyde d'hydrogène en oxygène et en eau.

Comme indiqué précédemment, les radicaux superoxydes se présentent comme les précurseurs de plusieurs autres DRO. Le taux de ces radicaux est contrôlé par la SOD qui joue ainsi un rôle crucial dans la défense antioxydante de l'association symbiotique. La SOD catalyse la réaction de dismutation suivante :



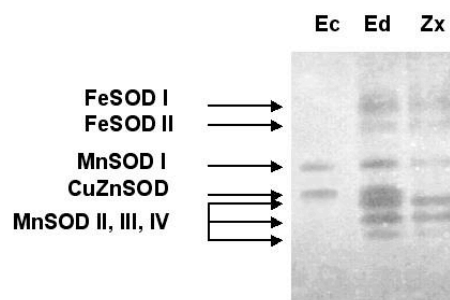
Il existe en fait plusieurs classes de SOD, distinctes par leur cofacteur métallique et par leur localisation cellulaire. Cette diversité peut s'expliquer par le fait que l' $\text{O}_2^-$  traverse difficilement les membranes biologiques et doit donc être détoxiqué dans le compartiment où il a été généré. Actuellement, on distingue cinq classes de SOD : CuZn-SOD extracellulaire, CuZn-SOD cytosolique, Mn-, Fe- et Ni-SOD .

Dykens et Shick (1982<sup>18</sup>) furent les premiers à mettre en évidence cette enzyme chez l'anémone de mer *Anthopleura elegantissima*. Par la suite, ces mêmes auteurs ont étendu leurs observations à de nombreux autres Cnidaires symbiotiques chez lesquels l'activité de la SOD varie de quelques unités par mg de protéines animales à près de 500. Ces études étaient cependant globales (mesures spectrophotométriques) et ne prenaient pas en compte les différentes isoformes de SOD.

Afin d'affiner la caractérisation des SOD chez les Cnidaires symbiotiques, nous avons adapté une technique d'électrophorèse sur gel natif à l'étude des endosymbioses. Cette technique permet de conserver, lors d'une migration sur gel de polyacrylamide, l'activité de protéines dont on peut révéler la présence à l'aide de réactions chimiques adéquates. Nous avons ainsi montré que différentes isoformes de SOD

sont exprimées dans les principaux types tissulaires de l'anémone de mer, *Anemonia viridis*. Leur répartition est spécifique à un tissu donné suggérant un rôle particulier pour chaque isoforme (cf. figure ci-contre). Sept isoformes actives de SOD, caractérisées en fonction de leur sensibilité à divers inhibiteurs, ont ainsi été identifiées chez *Anemonia viridis* et son symbiote (**article 47**) :

- une CuZn-SOD spécifique de l'endoderme et de l'ectoderme de l'anémone,
- une Mn-SOD commune aux deux partenaires et présente dans l'ensemble des tissus de l'anémone (Mn-SODI),
- trois Mn-SOD spécifiques des zooxanthelles et de l'endoderme de l'anémone (Mn-SODII, III et IV),
- deux Fe-SOD spécifiques des zooxanthelles et de l'endoderme de l'anémone (Fe-SODI et II).



<sup>18</sup> Dykens, J. A., Shick, J. M. (1982). Oxygen production by endosymbiotic algae controls superoxyde dismutase activity in their animal host. *Nature* 297, 579-580.

À cette caractérisation obtenue par gel natif s'ajoute une étude moléculaire de la CuZn-SOD (**article 54**) démontrant l'existence d'au moins deux isoformes de cette enzyme, dont l'une pourrait être extracellulaire (ce qui pourrait expliquer sa non visualisation sur gel natif). Cette isoforme, potentiellement extracellulaire, est exprimée à la fois dans l'ectoderme et dans l'endoderme mais pas dans les zooxanthelles ainsi que nous l'avons démontré par hybridation *in situ*. Sa localisation précise et son rôle restent néanmoins inconnus.

L'ensemble de ces résultats soulève de nombreuses remarques :

- Tout d'abord, il faut noter le nombre très élevé d'isoformes, au moins huit présentes dans les tissus de l'anémone de mer, alors qu'un organisme similaire non symbiotique, ou un autre animal n'en possède que 3 au maximum (**article 59**). La multiplication des isoformes est normalement une caractéristique des végétaux. Elle pourrait donc être reliée chez l'anémone de mer à une adaptation évolutive liée à l'hyperoxie quotidienne consécutive à la symbiose.

- D'autre part, les isoformes à co-facteur Fer sont normalement restreintes aux chloroplastes de végétaux et aux procaryotes. Un problème méthodologique (mauvaise purification des tissus par exemple) étant exclu dans notre étude (**article 47**), la présence de cette isoforme reste énigmatique. Plusieurs hypothèses pourraient être avancées pour expliquer l'acquisition de ces enzymes : i) lyse partielle des symbiotes avec conservation de certaines activités enzymatiques, ii) transfert horizontal de protéines ou de gènes entre les deux partenaires de la symbiose, iii) présence de bactéries symbiotiques. La lyse des zooxanthelles ne paraît pas systématique et semble reliée à un mécanisme de régulation des populations, par contre, des transferts de protéines ou de gènes entre hôte et symbiote ont déjà été décrits dans la littérature pour d'autres modèles biologiques. Ainsi, par exemple, un transfert de protéines, en l'occurrence une SOD, a été suggéré entre le protiste parasite *Plasmodium falciparum* (Sporozoaires Apicomplexes) et l'érythrocyte humain<sup>19</sup>. Les transferts de gènes sont également bien connus entre Procaryotes, mais sont moins documentés entre Procaryotes et Eucaryotes : si le transfert du gène de SOD, initialement suggéré entre le poisson *Leiognathus equulus* et ses symbiotes bactériens bioluminescents *Photobacter leiognathi* a été par la suite mis en doute, il a été récemment démontré le transfert d'un fragment du génome de la bactérie symbiotique *Wolbachia* au chromosome X de son insecte hôte (cf. pour revue **article 64**). De tels transferts ont été également suggérés entre les kleptoplastes et la limace de mer<sup>20</sup>. Pourtant, l'existence et l'importance évolutive de tels transferts restent très débattues<sup>21</sup>. Enfin, l'hypothèse de la présence de bactéries symbiotiques à l'intérieur des tissus de l'hôte est renforcée par l'observation récente de Lesser et al.<sup>22</sup> (2004) qui a montré, la présence dans un corail de cyanobactéries fixatrices d'azote. Ainsi, l'association Cnidaires / zooxanthelles seraient plus complexes qu'initialement suggérée.

- Enfin, la biochimie même de certaines des isoformes est originale. En effet, trois des quatre Mn-SOD (les isozymes Mn-SODII, III et IV) possèdent une distribution intracellulaire tout à fait inhabituelle, puisqu'elles sont extramitochondriales et ont une structure dimérique, alors que les Mn-SOD animales sont généralement mitochondriales et tétramérique.

---

<sup>19</sup> Fairfield, A. S., Meshnick, S. R., Eaton, J. W. (1983). Malaria parasite adopt cell superoxide dismutase. *Science* 221 : 764-766.

<sup>20</sup>Hanten, J. J., Pierce, S. K. (2001). Synthesis of several light-harvesting complex I polypeptides is blocked by cycloheximide in symbiotic chloroplasts in the sea slug, *Elysia chlorotica* (Gould): A case for horizontal gene transfer between alga and animal? *Biol. Bull.* 201 : 34-44.

<sup>21</sup> Kurland, C. G., Canback, B., Berg, O. G. (2003). Horizontal gene transfer: A critical view. *PNAS* 100 : 9658-9662.

<sup>22</sup>Lesser et al. (2004) Discovery of Symbiotic Nitrogen-Fixing Cyanobacteria in Corals. *Science* 305 : 997-1000

Ces résultats démontrent que la première étape de la réponse enzymatique aux stress oxydants est très originale chez les Cnidaires symbiotiques. Ces derniers semblent posséder des enzymes exprimés de façon constitutive et ne variant donc pas sous l'effet de stress environnementaux alors que des anémones non symbiotiques proches apparaissent très sensible aux stress environnementaux et montrent des SOD inductibles, à l'instar des autres animaux (**article 64**). De plus, les Cnidaires aposymbiotiques (ayant perdu leur symbiote) et les Dinoflagellés cultivés ne présentent pas le même profil de défense enzymatique que les partenaires vivant en symbiose (**article 59**). Ainsi, l'hôte animal s'est adapté durant l'évolution à résister à l'oxygène synthétisé par ses symbiotes de façon similaire à l'évolution des plantes elles-mêmes.

Enfin, nos résultats démontrent que l'inhibition spécifique de l'une de ces enzymes antioxydantes, la catalase, déclenche dans des conditions normales de température, le blanchissement (c'est-à-dire la rupture de l'association symbiotique) de l'anémone (**article 73, soumis**).

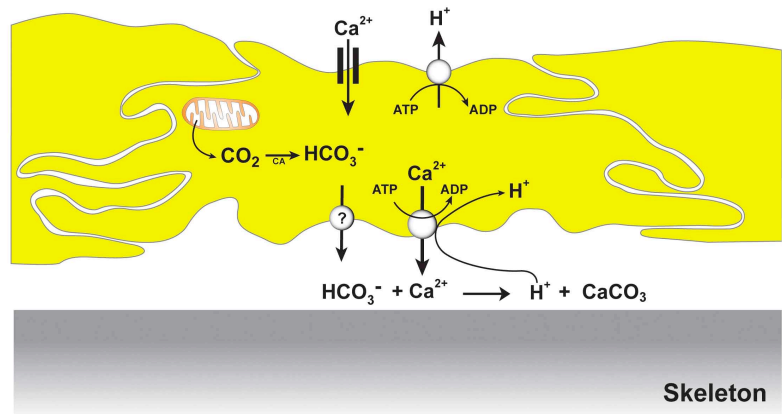
### **3. CONSEQUENCE DE LA SYMBIOSE : BIOMINERALISATION**

#### **3.1. Les mécanismes de base**

La biominéralisation est un processus physiologique particulièrement important, mais qui est curieusement mal connu. Les coraux constructeurs de récifs sont dans cette optique très intéressants car ils présentent les taux de calcification les plus élevés du monde vivant en raison vraisemblablement de la symbiose avec les zooxanthelles. Dans le but d'étudier ce processus, la première étape de notre travail a été de mettre au point une préparation biologique et un protocole pour étudier ces phénomènes. Cela a été réalisé en exploitant la grande faculté de reproduction asexuée par bouturage des coraux scléactiniaires : la préparation réalisée, appelée *microcolonie*, correspond à un fragment de corail (**article 19**). Le fragment est soit disposé sur un support adéquat (PVC, plaque de verre, tamis), soit suspendu dans l'aquarium par un fil permettant sa manipulation. Ces microcolonies correspondent soit à des morceaux de branches d'environ 1 cm de longueur aux polypes multiples (*Stylophora* par ex.), soit à des polypes isolés (*Galaxea*). Après une dizaine de jours, le tissu recouvre le squelette, la microcolonie ainsi formée pouvant être utilisée environ 2 à 3 semaines après sa préparation. Les microcolonies présentent ainsi de nombreux avantages :

- colonies génétiquement identiques,
- culture dans un milieu aux paramètres strictement contrôlés,
- petite taille permettant l'emploi de microtechniques,
- production en grand nombre permettant la reproduction des expériences,
- squelette entièrement entouré de tissus, ce qui permet d'éviter l'échange isotopique entre le radioélément présent dans l'eau de mer et le squelette.

L'ultrastructure des tissus de ces microcolonies a été étudiée (**articles 32, 60**). À l'aide de ces microcolonies, nous avons établi que le transport des ions (calcium, carbone inorganique) et des éléments organiques (acide aspartique) entrant dans la composition de la matrice organique depuis l'eau de mer jusqu'au site de calcification était un phénomène très rapide : inférieur à 2 min pour les ions (**article 23**) et à 20 min



pour que l'acide aminé soit absorbé, incorporé dans les protéines, exocytosé vers le squelette et incorporé dans la trame minérale (**article 35**). Le calcium transite par une voie paracellulaire de l'eau de mer à l'épithélium squelettogénique, puis entre dans la cellule en empruntant un canal calcium de type L que nous avons cloné et séquencé (**article 41**). Il possède environ 50 % d'identité avec le canal calcium sensible au voltage des mammifères. La sortie du calcium de la cellule calcicoblastique s'effectue par une  $\text{Ca}^{2+}$ -ATPase que nous avons également caractérisée. Elle est exprimée préférentiellement dans l'épithélium calcicoblastique (Hybridation *in situ*). Comme pour le canal calcium, elle présente des homologies plus grandes avec la  $\text{Ca}^{2+}$ -ATPase humaine qu'avec celle de drosophile ou de *C. elegans* (**article 51**). Le transport du bicarbonate semble être facilité par une anhydrase carbonique, ainsi que par un transporteur membranaire sensible au DIDS. La source principale de ce carbone (70 %) est le  $\text{CO}_2$  métabolique (**article 45**). Ces résultats ont fait l'objet de cinq synthèses (**articles 40, 43, 56, 57 et 67**).

La matrice organique est synthétisée uniquement par les cellules calcicoblastiques ainsi que nous l'avons démontré après avoir généré un anticorps spécifique de cette matrice organique (**article 61**). Les zooxanthelles influencent cependant également cette synthèse, peut-être en fournissant des précurseurs (**article 60**). Des mesures des concentrations en isotopes stables de cette matrice nous ont permis de proposer que  $^{15}\text{N}$  et  $^{13}\text{C}$  peuvent être utilisés comme marqueur de la symbiose. Par ces mesures, nous avons identifié qu'un corail du Trias (*Pachytheccalis major*) était déjà symbiotique (**article 60**). Pour mieux comprendre les mécanismes de biominéralisation, nous étudions également l'effet de paramètres environnementaux sur la calcification (**article 46, 52, 62**).

Afin d'étudier les mécanismes cellulaires à la base de ces mécanismes de biominéralisation, nous sommes en train de mettre au point une méthode de culture de cellules enrichies en cellules calcicoblastiques (**article 55**).

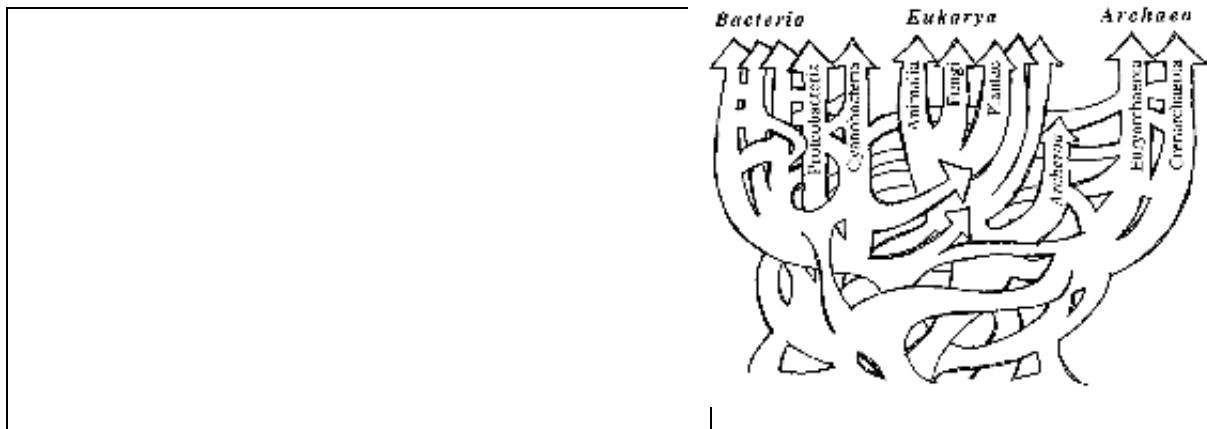
### 3.2. Interactions Symbiose / minéralisation

Afin de comprendre les relations entre lumière (et photosynthèse et symbiose) et calcification, nous cherchons à déterminer les cinétiques de stimulation à la lumière ou d'inhibition à l'obscurité de la calcification. Notre but est de corrélérer par la suite ces cinétiques avec les cinétiques d'autres facteurs (pH, synthèse de protéines de la matrice organique...). Les premiers résultats sont encourageants (**article 76, en préparation**) et montrent que la calcification reste constante lors de l'extinction des lampes pendant encore au moins 30 minutes alors que nous savons que dans ces conditions le pH coelentérique a déjà diminué. Il s'agit là d'une première piste suggérant l'intervention d'un autre paramètre que

les propriétés physico-chimiques du coelentéron, peut-être la synthèse ou la repression de protéines spécifiques de la matrice organique.

#### 4. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Les travaux réalisés directement sous ma direction (concentration de CO<sub>2</sub>, adaptation à l'hyperoxie) ou dans le cadre de collaborations (absorption d'azote inorganique, adaptation aux rayonnements UV) ont démontré une profonde modification de la physiologie de l'hôte symbiotique par rapport à un organisme similaire non symbiotique. Parmi ces modifications, nous avons mis en évidence des fonctions tout à fait originales pour des animaux : capacité à absorber et à concentrer du gaz carbonique, capacité d'absorber et de recycler les composés azotés inorganiques, capacité de résister à l'hyperoxie, capacité à résister aux rayonnements ultra-violet. L'ensemble de ces propriétés est proche de celle des plantes et caractérisent les organismes chlorophylliens. La possession de ces propriétés résulte de pressions de sélection tirant leur origine dans l'association du Cnidaire avec des algues chlorophylliennes. L'hôte animal a été ainsi soumis aux mêmes pressions de sélection que les végétaux : il en résulte un organisme animal hybride aux propriétés proches des végétaux (**articles de synthèse 64 et 66**). Comment s'est faite cette adaptation évolutive ? Nous nous attacherons ces prochaines années à déterminer les mécanismes par lequel l'hôte animal s'est adapté aux contraintes propres aux végétaux chlorophylliens : convergence évolutive, transfert de protéines, transfert de gènes... Ces différentes hypothèses ont été avancées pour différentes symbioses, nous tenterons de déterminer le mécanisme mis en jeu chez les Cnidaires en focalisant notre recherche sur l'adaptation au stress hyperoxique. Pour cela, nous sommes en train de caractériser des différentes isoformes de SOD présentes chez l'anémone mais inhabituelles pour un Métazoaire. Nous espérons ainsi déterminer si l'expression des isoformes animales partagées par le symbiote et son hôte sont réalisées par l'hôte lui-même ou résulte d'un transfert de protéines. Selon le résultat, il apparaîtrait ainsi que le génome des organismes supérieurs résulterait d'échanges beaucoup plus fréquent qu'initialement suggéré (cf. ci-dessous les figures illustrant les échanges de gènes à l'origine des cellules eucaryotes d'après la conception classique – figure de gauche - ou les échanges tels qu'ils pourraient exister – figure de droite - d'après Doolittle, 1999<sup>23</sup>).



Concernant la biominéralisation, nos résultats fournissent un premier modèle du transport des ions lors de la calcification. Il est à noter que grâce à nos travaux, le corail devient le seul organisme invertébré pour lequel on commence à avoir une vision synthétique de ces processus. D'ailleurs, une revue récente sur le processus de biominéralisation chez les

<sup>23</sup>Doolittle, W. F. (1999). Phylogenetic classification and the Universal tree. *Science* 284 : 2124-2128.

invertébrés<sup>24</sup> cite exclusivement nos travaux sur le corail dans le chapitre « calcium accumulation ». Néanmoins, nous sommes encore loin d'avoir une vision synthétique du phénomène et de pouvoir expliquer comment les zooxanthelles stimulent d'un facteur 2 à 130 la calcification (**article 40**). Deux visions s'affrontent : i) les zooxanthelles modifient les équilibres acido-basiques ou l'énergétique au sein des tissus du corail, ii) les zooxanthelles modifient la synthèse des protéines de la matrice organique, modifiant ainsi la minéralisation. Ces prochaines années, nos travaux s'appliqueront à identifier les caractéristiques des calcifications diurnes et nocturnes en terme de transporteurs ioniques (Canal  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ -ATPase,  $\text{H}^+$ -ATPase...) et de protéines de la matrice organique. Pour cela nous appliquerons à la fois des techniques de physiologie, de biologie moléculaire (en particulier RT-PCR quantitative) mais également de génomique et de protéomique, techniques que nous sommes en train de développer au laboratoire.

---

<sup>24</sup>Treccani et al. (2002). Biomineralizing proteins. Biopolymers, Wiley CH, Berlin Steinbüchl (Ed). Vol 8, Chapitre 11, pp 289-321.