



Les Biotechnologies Marines dans le Grand Ouest





Ce document émane des travaux d'un groupe de réflexion initié en 2013 au sein de l'Europôle Mer sur le thème des biotechnologies marines. Ce groupe, constitué de personnes issues du monde académique ou travaillant dans des structures de soutien à l'innovation et de transfert dans les deux régions Bretagne et Pays de la Loire, s'est réuni à cinq reprises au cours des années 2013 et 2014 à Roscoff, Saint-Nazaire, Plouzané et Lorient. Des sous-groupes de travail sur les thèmes recherche, formation et transfert ont été constitués afin de rédiger les parties correspondantes du document.

www.europolemer.eu

Coordinateurs

Catherine Boyen : Station Biologique de Roscoff CNRS-UPMC

boyen@sb-roscoff.fr

Pascal Jaouen : Institut Universitaire Mer et Littoral-CNRS, Université de Nantes – Laboratoire GEPEA-CNRS, Saint-Nazaire (membre du bureau de l'Europôle Mer)

pascal.jaouen@univ-nantes.fr

Contributeurs

Gilbert Blanchard : CBB CapBiotek, Rennes

Chantal Compère : Recherches et Développements Technologiques Ifremer, Plouzané

Alain Dufour : Laboratoire de Biotechnologie et Chimie Marines, UBS, Lorient

Patrick Durand : Unité « Biotechnologies et Ressources Marines » Ifremer, Nantes

Fabienne Guérard : Institut Universitaire Européen de la Mer (IUEM) - Laboratoire des sciences de l'Environnement MARin LEMAR UMR 6539 UBO-CNRS-Ifremer-IRD, Plouzané

Florence Hallouin : Blue Cluster, Pôle Mer Bretagne Atlantique, Nantes

Mohamed Jebbar : Institut Universitaire Européen de la Mer (IUEM) – Laboratoire de Microbiologie des Environnements Extrêmes UMR 6197 CNRS-Ifremer-UBO, Plouzané

Gwenaëlle Le Blay : Institut Universitaire Européen de la Mer (IUEM) - Laboratoire de Microbiologie des Environnements Extrêmes UMR 6197 CNRS-Ifremer-UBO, Plouzané

Hervé Le Deit : SATT Ouest Valorisation

Jocelyne Le Seyec : ID2Santé, Rennes

Brian Monks : CapBiotek, BDI, Rennes

Rachel Portal-Sellin : Pôle Mer Bretagne Atlantique - Domaine d'actions stratégiques « Ressources biologiques marines : pêche-aquaculture, biotechnologies », Brest

Ian Probert : Station Biologique de Roscoff, CNRS-UPMC

Jérémy Pruvost : Ecole d'ingénieurs Polytech, Génie des procédés et Bio-procédés, Université de Nantes, GEPEA-CNRS, Saint-Nazaire

Pour citer ce document

Boyen C., Jaouen P., et al. (2015) Les Biotechnologies dans le grand ouest, Europôle Mer Ed.

Conception graphique et illustration de couverture : Sébastien Hervé / UBO-IUEM



© Yannick Derennes

EXECUTIVE SUMMARY

Marine (= blue) biotechnology, i.e. the utilization of marine bio-resources as a target or source of biotechnological applications, is a field with massive potential for innovation and economic growth. In a context of rapid climate change and increasing pressure on natural resources, renewed interest in marine biotechnology has been promoted by application of recent methodological and technological advances, notably in bioprocessing and in the various -omics domains, to the study of marine biodiversity. Marine biological resources potentially represent a sustainable raw material for exploitation in diverse fields, including nutrition, health, agriculture, aquaculture, energy, environment, and cosmetics. Marine biotechnology is now recognized as a strategically important domain at European, national and regional levels.

The present document, compiled by the Marine Biotechnology Working Group of the “Europôle Mer”, aims to survey the skills, actors and principal infrastructures related to marine biotechnology in the Brittany and Pays de la Loire regions in the west of France in order to identify strengths and weaknesses and propose strategies to stimulate the future development of this strategic domain.

Marine biotechnology is an integral part of the Smart Specialization Strategies of both of these maritime regions, which have more than 3000km of coast and numerous assets for becoming a hub of excellence for marine biotechnology. These include high quality, internationally renowned research laboratories and university courses in marine biology and engineering (bioprocessing), a strong inter-regional technology transfer ecosystem, and a dynamic and diversified network of mainly small-sized private-sector companies.

However, marine biotechnology would benefit from greater inter-regional coherence and synergy between actors. This could be achieved by undertaking specific actions in the following domains:

- communication: implement a mutualized and offensive communication strategy;
- research: further support fundamental research and research infrastructures; finance proof-of-concept studies to bridge the gap between public-sector and private-sector research;
- training: develop multidisciplinary in existing training; identify the skills needed at each level of the value chain and propose targeted vocational training courses to fill gaps; involve academic, technology transfer, and industry actors in molding the future training landscape;
- technology transfer : develop a national strategy for the development of marine biotechnology activities, identify the Technology Readiness Level of projects and provide support accordingly; support the implantation of public-private laboratories, demonstrator facilities and science parks.

RÉSUMÉ

Les biotechnologies marines (ou biotechnologies bleues), c’est à dire l’utilisation des bioressources marines en tant que cibles ou sources d’applications biotechnologiques, constituent un domaine qui recèle un énorme potentiel pour l’innovation et la croissance économique. Dans un contexte de changement climatique et de pression croissante sur les ressources naturelles, les biotechnologies marines connaissent actuellement un regain d’intérêt grâce d’une part aux progrès méthodologiques dans le domaine des bioprocédés et d’autre part à l’avancée majeure des connaissances sur la biodiversité marine accompagnée de la révolution dite « omique ». Les ressources biologiques marines constituent en effet une matière première durable pour une exploitation dans divers domaines d’application tels que la nutrition, la santé, l’agriculture, l’aquaculture, l’énergie, l’environnement et les produits cosmétiques. Les biotechnologies marines sont désormais reconnues comme un domaine d’importance stratégique aux niveaux européen, national et régional.

Ce document, émanant du Groupe de travail sur les biotechnologies marines de l’Europôle Mer, vise à analyser les compétences, les acteurs et les principales infrastructures liées à la biotechnologie marine en Bretagne et dans les Pays de la Loire afin d’identifier les forces et les faiblesses du secteur et de proposer des stratégies pour stimuler le développement futur de ce domaine stratégique.

Les biotechnologies marines figurent parmi les domaines d’innovation stratégiques de la Stratégie Régionale de Soutien à l’Innovation (SRI-SI) des deux Régions Bretagne et Pays de la Loire, qui cumulent plus de 3000 km de côtes et disposent de nombreux atouts pour constituer un pôle de compétences majeur en biotechnologies marines. Le Grand Ouest bénéficie en effet de laboratoires de recherche et de formations universitaires en biologie marine et en ingénierie de grande qualité et reconnus au niveau international, d’une dynamique très forte de transfert technologique, ainsi que d’un tissu industriel dynamique et diversifié.

Néanmoins, les biotechnologies marines pourraient avantageusement bénéficier d’une meilleure mise en cohérence inter-régionale, d’une plus grande synergie des acteurs et de la mise en œuvre de mesures spécifiques dans les domaines suivants :

- communication : mettre en œuvre une stratégie de communication mutualisée et offensive ;
- recherche : soutenir des programmes de recherche inter-régionaux Bretagne et Pays de la Loire ; soutenir davantage les infrastructures de recherche et la recherche fondamentale ; financer des études de preuve de concept afin de combler le fossé entre le secteur de la recherche publique et le secteur privé.
- formation : développer l’interdisciplinarité dans l’offre de formation; identifier les compétences requises à chaque maillon de la chaîne de valeur « de l’idée aux marchés » pour proposer une offre de formation sur l’ensemble de cette chaîne de valeur, encourager l’implication des entrepreneurs dans l’orientation des cursus de formation ;
- transfert de technologie : élaborer une stratégie nationale de développement des activités de biotechnologies marines, identifier le niveau de maturation des projets (TRL) afin de les soutenir de façon adaptée; soutenir l’implantation de laboratoires public-privé ainsi que les installations de démonstrateurs et de parcs scientifiques.

SOMMAIRE

6 UN PEU D'HISTOIRE

12 LA RECHERCHE EN BIOTECHNOLOGIES MARINES

22 LA FORMATION EN BIOTECHNOLOGIES MARINES

28 TRANSFERT ET ENTREPRISES EN BIOTECHNOLOGIES MARINES

40 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

46 ANNEXES

47 Les plates-formes de Biogenouest

48 Les Centres de Ressources Biologiques

52 Cartographie des programmes en cours 2013-2015

56 Titres et Acronymes

59 Liste des formations de niveau bac+5 recensées en Régions Bretagne et Pays de Loire

60 Étude des brevets « Ressources Marines » en France

UN PEU D'HISTOIRE

Les biotechnologies marines sont considérées aujourd'hui comme un domaine en émergence avec un potentiel très prometteur en termes d'innovations et de retombées économiques. Il ne s'agit pourtant pas d'un domaine totalement nouveau, puisque dès les années 90, des scientifiques précurseurs et visionnaires étaient déjà convaincus que les organismes marins pouvaient être sources de nouvelles molécules et d'applications innovantes. La Société Européenne Biotechnologie marine a ainsi été fondée en France en 1995, et dès 1999, naissait le journal « Marine Biotechnology » dont le facteur d'impact actuel est de 3.21 (Le facteur d'impact est un calcul qui estime indirectement la visibilité et le rayonnement d'une revue scientifique). Les biotechnologies marines ont connu de réelles *success stories* dès les années 70-80 grâce à la biochimie et à la microbiologie, avec des découvertes majeures telles que les DNA polymerases ou les GFPs et des applications innovantes en pharmacologie marine. Pourtant ce domaine à fort potentiel n'a pas émergé à l'époque et a souffert d'un manque d'intérêt de la part des chercheurs, des pouvoirs publics et des industriels. Cette situation a évolué positivement au cours des deux dernières décennies, grâce d'une part aux progrès méthodologiques dans le domaine des bioprocédés et, d'autre part, à l'avancée majeure des connaissances sur la biodiversité marine accompagnée de la révolution dite « omique » et du séquençage haut débit appliqués aux organismes marins. Un second souffle est ainsi en train d'être donné au secteur des biotechnologies marines.

Une étude prospective européenne publiée en 2010 par « l'European Science Fondation »¹ confirme que les biotechnologies marines apporteront une contribution significative dans la réponse aux grands enjeux sociétaux à l'horizon 2020. En particulier, elles permettront la mutation du carbone fossile vers le carbone renouvelable et la production de carbohydrates sans compétition avec les terres cultivables.

Le marché mondial des bioressources marines est évalué à 2,8 milliard d'euros et croît de plus de 10% par an². Le potentiel de croissance est d'autant plus important qu'à ce jour, seulement 300 000 espèces vivantes environ (des micro-organismes aux organismes supérieurs) du milieu marin ont été recensées alors que leur nombre est estimé à plusieurs millions³. Cette biodiversité pourrait bien être le principal gisement de nouvelles molécules d'intérêt des prochaines décennies.

L'essor des biotechnologies marines s'inscrit dans le contexte global suivant :

- la raréfaction des matières premières et des énergies fossiles,
- la raréfaction des ressources marines alimentaires,
- la réduction des consommations énergétiques et des émissions de gaz à effet de serre.

Ainsi, le développement des biotechnologies marines constitue pour les entreprises impliquées un vrai enjeu de développement durable, avec deux éléments moteurs que sont un meilleur respect de l'environnement et une réponse possible apportée à l'évolution de la législation en matière de produits chimiques (REACH). Elles apparaissent aussi comme une formidable ressource d'exploitation au bénéfice de l'alimentation, de la santé et de la cosmétique.

La composante environnementale des biotechnologies marines, liée à l'absorption du CO₂ et à la promotion du développement de technologies de capture et de stockage du carbone (potentialités fortes des micro-algues marines) leur confère là aussi un caractère très transversal.

¹ European Science Fondation – Marine Board ; <http://www.marineboard.eu/>

² developpement-durable.gouv.fr

³ Livre Turquoise

DÉFINITIONS

Plusieurs définitions des biotechnologies marines existent dans la littérature scientifique, nous en retiendrons deux qui nous paraissent représentatives des spécificités de ce secteur dans le Grand Ouest.

« La qualification et l'utilisation des bio-ressources marines en tant que cibles ou sources d'applications biotechnologiques ». La biotechnologie marine peut donc irriguer de nombreux domaines d'application tels que la santé, la nutrition, l'agriculture, la cosmétique, l'énergie, les procédés industriels, l'environnement et l'aquaculture.

Selon l'OCDE, les biotechnologies se définissent comme « l'application des sciences et des techniques à des organismes vivants pour transformer les matériaux vivants ou non, dans le but de produire des connaissances, des biens ou des services ».

A la différence des autres biotechnologies dites blanches, rouges et vertes, caractérisées par leurs domaines d'application (industrie, thérapeutique, diagnostic et agriculture), les biotechnologies marines ou biotechnologies bleues se définissent par leur composante marine. Nous parlerons de biotechnologies marines ou de biotechnologies bleues quand les ressources utilisées ou les cibles visées sont d'origine marine.

Pourquoi est-il pertinent et important de différencier les biotechnologies marines ou bleues des autres biotechnologies ? La première raison relève de l'histoire de l'évolution de la vie qui est née dans les océans, il y a plus de 3 milliards d'années. Ce n'est que 2 milliards d'années plus tard qu'elle a colonisé la terre. Cette longue période d'évolution océanique a conduit à une biodiversité marine considérable encore très peu connue et explorée à ce jour. La seconde raison tient à la nature même des environnements marins (au regard des environnements terrestres) qui constituent des milieux de vie spécifiques, salins, comprenant des habitats très diversifiés depuis la zone intertidale de balancement de marée jusqu'à l'océan profond. Par exemple, les communications et signalisations chimiques des organismes marins impliquent très souvent des molécules (généralement des métabolites secondaires) différentes de celles des organismes terrestres et encore à ce jour très peu connues.

CONTEXTE EUROPÉEN ET INTERNATIONAL

Les biotechnologies marines sont désormais reconnues comme un domaine stratégique aux niveaux européen et mondial. En 2010, le Marine Board (European Science Foundation) a publié un document stratégique intitulé « Marine Biotechnology : a New Vision and Strategy for Europe » qui dressait un état des lieux des connaissances, présentait les grands enjeux du domaine et formulait des recommandations pour le développement du secteur. En 2011, la Commission européenne a financé, dans le cadre du 7^{ème} programme cadre de recherche-développement (FP7), une action coordonnée de 18 mois intitulée CSA MarineBiotech¹, action de soutien et de coordination préparatoire à un ERA-NET (Mise en réseau de programmes de recherche) en biotechnologie marine. Ce projet préparatoire comprenait 11 partenaires (dont le CNRS et l'Ifremer) appartenant à 9 pays européens. L'ERA-NET MarineBiotech² a été soutenu dans le cadre du dernier appel d'offre du FP7 et a démarré officiellement en décembre 2013. Le consortium est constitué de 19 partenaires pour 14 pays concernés. Les partenaires naturels des ERA-NETs sont les agences de financement ; la vocation première d'un ERA-NET, outre l'établissement d'une vision stratégique commune, étant d'organiser et de financer des appels à projets internationaux. L'Agence Nationale de la Recherche (ANR), en France, n'a pas souhaité s'associer à l'ERA-NET MarineBiotech, ce qui ne permet pas aux acteurs français de participer à ces appels à projets. La France est néanmoins présente à travers le CNRS, qui est partenaire d'origine de l'ERA-NET. Le premier appel à projets a été publié en octobre 2014 sur le thème « le développement des procédés de bioraffinerie pour les biomatériaux marins ».

Parallèlement, l'Initiative de Programmation Conjointe Océan (ou JPI Ocean), établie en 2011, a inscrit les biotechnologies marines parmi les priorités de son document stratégique. Enfin, le nouveau programme cadre de recherche Horizon 2020 de la Commission européenne et plus particulièrement le volet « Blue Growth » identifie clairement les biotechnologies marines comme un sujet important du programme de travail 2014-2015. En 2012, l'OCDE a organisé à Vancouver un forum global sur les biotech-

¹ <http://www.marinebiotech.eu/csa-marine-biotechnology>

² <http://www.marinebiotech.eu/>

³ http://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/marine-biotechnology_9789264194243-en

nologies marines intitulé « Marine Biotechnology – Enabling solutions for ocean productivity and sustainability ». C'était la première fois que l'OCDE affichait officiellement son intérêt pour les biotechnologies marines, un secteur susceptible de « contribuer aux grands défis de la sécurité alimentaire et du carburant, de la santé de la population, de la croissance verte et des industries durables... ». Cet événement et le rapport qui a ensuite été publié³ démontrent la pertinence des biotechnologies marines sur le plan socio-économique et identifient une réalité des marchés.

Enfin, dans le panorama national et européen de la recherche et de l'innovation, les deux régions Bretagne et Pays de la Loire affichent au travers de leurs stratégies régionales d'innovation respectives (SRI-SI) des domaines d'innovation stratégiques (DIS) et des spécialisations se référant clairement aux biotechnologies bleues et à la valorisation des bioressources.

DES OUTILS MUTUALISÉS PERFORMANTS AU SERVICE DE LA RECHERCHE ET DES ENTREPRISES

Les plates-formes de Biogenouest

Biogenouest est le réseau des plates-formes technologiques du Grand Ouest en sciences du vivant et de l'environnement. Créé en 2002, il fédère 70 unités de recherche dans le Grand Ouest et coordonne à ce jour 32 plates-formes technologiques sur les deux régions Bretagne et Pays de la Loire, dans une logique de complémentarité et de mutualisation inter-régionale. Les thématiques de recherche de Biogenouest couvrent les quatre domaines d'activités Mer, Agro, Santé et Bioinformatique.

Les plates-formes de Biogenouest regroupent, sur un ou plusieurs sites, des équipements et des moyens humains qui offrent à une large communauté d'utilisateurs des ressources technologiques de haut niveau. Ces plates-formes, offrant des services aux chercheurs du public et du privé, sont structurées au sein de 6 axes technologiques : Génomique, Protéomique, Exploration fonctionnelle, Bio-Imagerie, Analyse structurale et métabolomique et Bioinformatique. Une description plus détaillée des plates-formes est présentée dans l'Annexe 1.

Les Centres de Ressources Biologiques et animaleries

Les Centres de Ressources Biologiques (CRB) sont des éléments essentiels de l'infrastructure sur laquelle s'appuient les biotechnologies et les sciences du vivant. Ils se composent de prestataires de services et de collections de cellules vivantes (microorganismes, végétaux et animaux marins) et de parties de ces organismes (ADN ou tissus par exemple), ainsi que de bases de données relatives à ces collections. Les animaleries sont également des infrastructures indispensables aux activités des chercheurs en sciences du vivant et de l'environnement.

En Bretagne et Pays de la Loire, 6 CRB et une animalerie sont spécifiques au domaine des biotechnologies marines (cf. Annexe 2).

La plate-forme R&D AlgoSolis

Porté par l'Université de Nantes qui en est le maître d'ouvrage, à travers le Laboratoire de Génie des procédés - environnement - agro-alimentaire (GEPEA - UMR Université de Nantes/CNRS/Ecole des Mines de Nantes/ONIRIS), le projet AlgoSolis, retenu par les investissements d'avenir de la Région des Pays de la Loire, a pour objectif de mettre en place une plate-forme R&D dédiée à la production et au bioraffinage de microalgues. Une infrastructure collaborative publique qui permet, depuis mai 2015, le passage à l'échelle industrielle de nombreuses applications des microalgues, dont notamment la production de biocarburants de 3^{ème} génération, actuellement encore au stade du laboratoire, ainsi que de nombreuses applications dans les domaines des compléments alimentaires, de la nutrition animale, de la cosmétique, du bâtiment, et de l'écologie industrielle (valorisation du CO₂).



La plate-forme R&D Algosolis © GEPEA -Algosolis

L'EMBRC

L'infrastructure distribuée européenne « European Marine Biological Resource Centre » (EMBRC⁴), dont l'importance stratégique a été reconnue par le comité ESFRI (European Strategy Forum on Research Infrastructures), est représentée dans le Grand Ouest par la Station Biologique de Roscoff (UPMC-CNRS). EMBRC a pour mission de mettre à la disposition de la communauté scientifique ainsi que des entreprises les ressources biologiques marines, les services, les technologies et le savoir-faire des stations marines européennes pour l'exploration de la biodiversité marine, de l'échelle moléculaire aux écosystèmes complexes. EMBRC représente aussi un lien fort vers diverses autres infrastructures nationales et européennes.



Champs de laminaires en Mer d'Iroise © Erwan Amice / CNRS

Les pôles de compétitivité

C'est sur impulsion de l'appel à projets de l'Etat (DATAR et DGE/DGCIS) en décembre 2004 que les régions de Bretagne et des Pays de la Loire ont formalisé de nouveaux outils visant la mise en réseau des acteurs de recherche et des entreprises pour des projets collaboratifs d'innovation. La définition qu'en donne le Gouvernement est la suivante : « Un Pôle de compétitivité rassemble sur un territoire bien identifié et sur une thématique ciblée, des entreprises, petites et grandes, des laboratoires de recherche et des établissements de formation. Un pôle de compétitivité a vocation à soutenir l'innovation. Il favorise le développement de projets collaboratifs de recherche et développement (R&D) particulièrement innovants. Il accompagne également le développement et la croissance de ses entreprises membres grâce notamment à la mise sur le marché de nouveaux produits, services ou procédés issus des résultats des projets de recherche. Un pôle

de compétitivité repose sur un ancrage territorial fort tout en s'appuyant sur les structures existantes (tissu industriel, campus, infrastructures collectives, etc.) »⁵.

C'est ainsi donc que voient le jour en 2005 les Pôles de compétitivité :

- Pôle Mer Bretagne Atlantique (élargi à Bretagne Atlantique en 2014) avec un domaine d'actions stratégiques dédié aux ressources biologiques marines – le siège est à Brest.
- Valorial et son intérêt pour les bioressources marines en tant qu'ingrédients-santé et aliments du futur – le siège est à Rennes.
- Atlanpole Biotherapies pour les applications Santé des biotechnologies marines – le siège est à Nantes
- Images et Réseaux et son intérêt pour la bioinformatique – le siège est à Lannion.

Ces 4 pôles de compétitivité sont implantés sur le territoire interrégional Bretagne – Pays de la Loire.

Les sociétés d'accélération et de transfert technologique

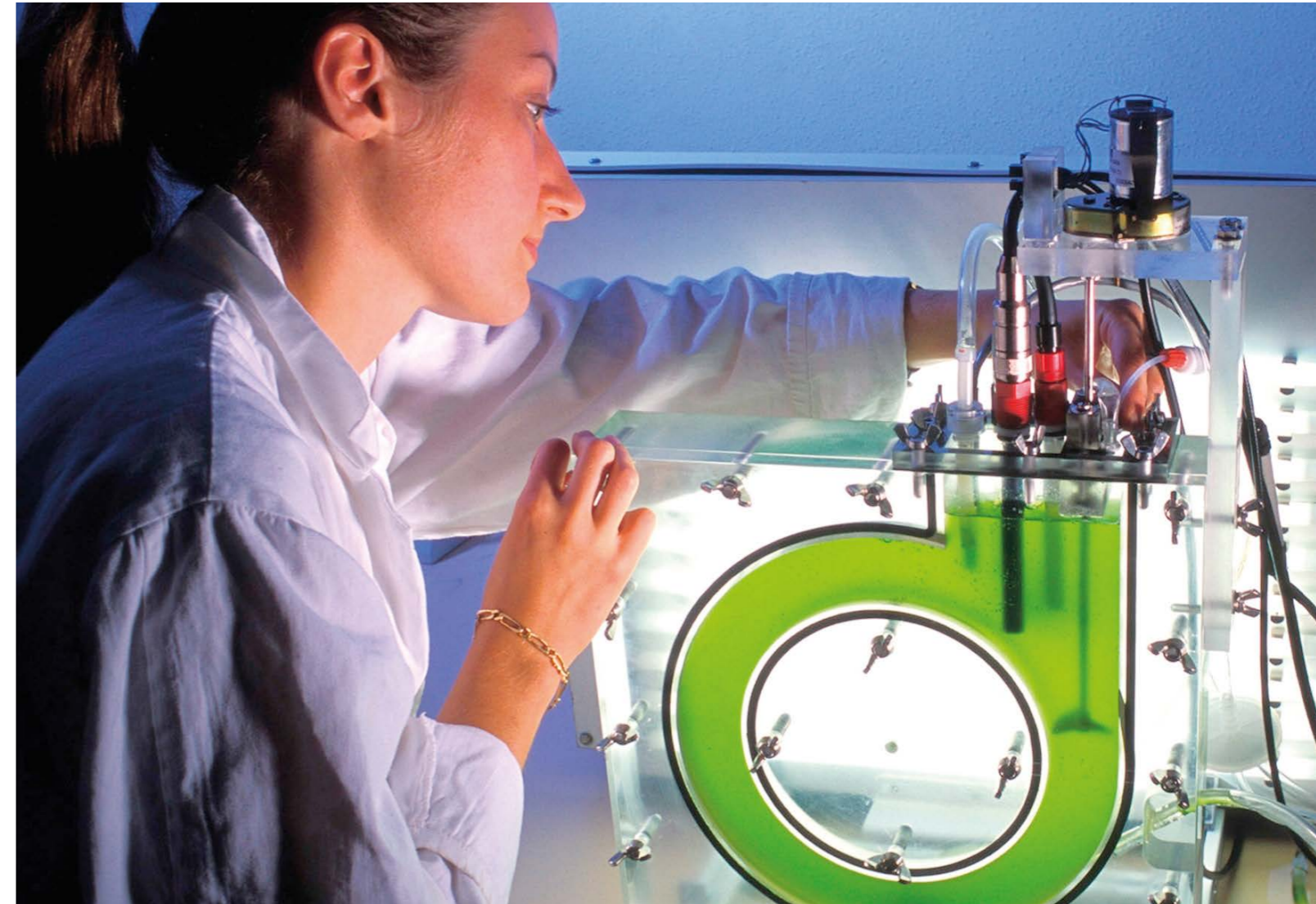
Les Sociétés d'Accélération du Transfert de Technologies (SATT) ont été créées dans le cadre d'un appel à projets « Investissements d'Avenir » piloté par le ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche.

Les SATT sont des structures régionales dédiées qui doivent permettre aux établissements d'enseignement supérieur de renforcer leur position en tant qu'acteur du développement économique régional, national et européen. Elles ont, pour cela, des capacités financières pour investir dans des projets de R&D sélectionnés par leurs équipes et orientés vers les besoins des marchés. Il y a aujourd'hui en France 14 SATT en activité et la **SATT Ouest valorisation**⁶ couvre le **secteur du Grand Ouest**.

⁴ www.embrc.eu

⁵ <http://competitivite.gouv.fr/politique-des-poles>

⁶ <http://www.ouest-valorisation.fr/>



Laboratoire GEPEA © Université de Nantes

Ce document émanant du groupe de réflexion « Biotechnologies Marines » de l'Europole Mer vise à faire un état des lieux des compétences, acteurs et principales infrastructures des biotechnologies marines sur le territoire du Grand Ouest avec quelques indicateurs chiffrés, afin d'identifier les forces et les faiblesses du domaine et proposer des pistes pour renforcer et améliorer la dynamique actuelle sur les plans de la transdisciplinarité et de l'inter-régionalité. Il se décline en 3 volets : recherche, formation et transfert-innovation, et sa conclusion présente les recommandations du groupe de travail afin de promouvoir et renforcer les biotechnologies marines dans le Grand Ouest.

LA RECHERCHE EN BIOTECHNOLOGIES MARINES

LES FORCES EN PRÉSENCE SUR LE TERRITOIRE BRETAGNE - PAYS DE LA LOIRE

Les biotechnologies marines s'imposent comme un secteur clé de recherche des régions Bretagne et Pays de la Loire. Forte de plus de 300 personnes issues des universités ou centres de recherche, le Grand Ouest est un territoire reconnu et visible en Europe pour les biotechnologies marines à destination de nombreux marchés (santé humaine et animale, nutrition, santé et nutrition des plantes, cosmétiques, environnement, aquaculture, bio-procédés et énergie). Les Figures 1 et 2 répertorient les atouts indéniables du Grand Ouest en matière de ressources humaines et d'éventail d'organismes marins étudiés. Ainsi, il existe au sein des différents établissements, une grande variété d'expertises dans des domaines aussi variés que l'étude des végétaux (microalgues et macroalgues), des animaux (invertébrés et poissons), des microorganismes (virus, bactéries, archaea et champignons, dont de nombreux extrémophiles) et de molécules actives (enzymes, polysaccharides, lipides, protéines, peptides...) issues de ces organismes, tirant ainsi profit de la grande richesse des ressources marines des deux régions. Un point à noter est le pourcentage important de doctorants formés dans les deux régions, il représente 25% de l'effectif total des personnes impliquées en biotechnologies marines.

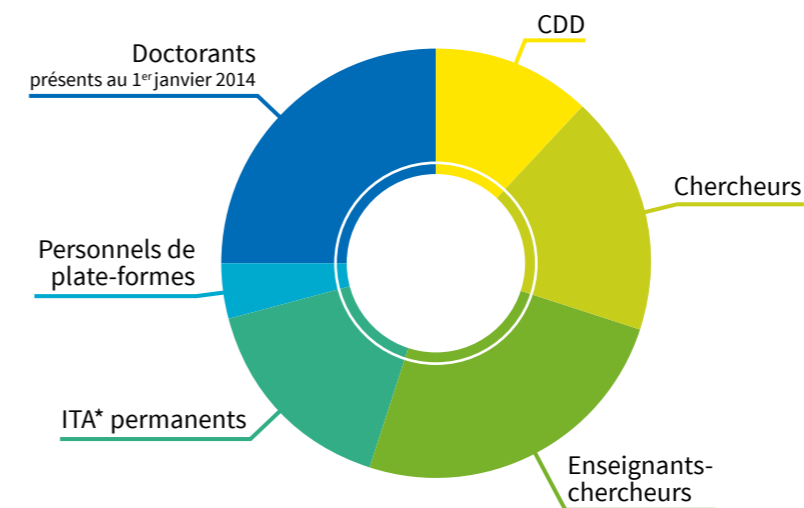
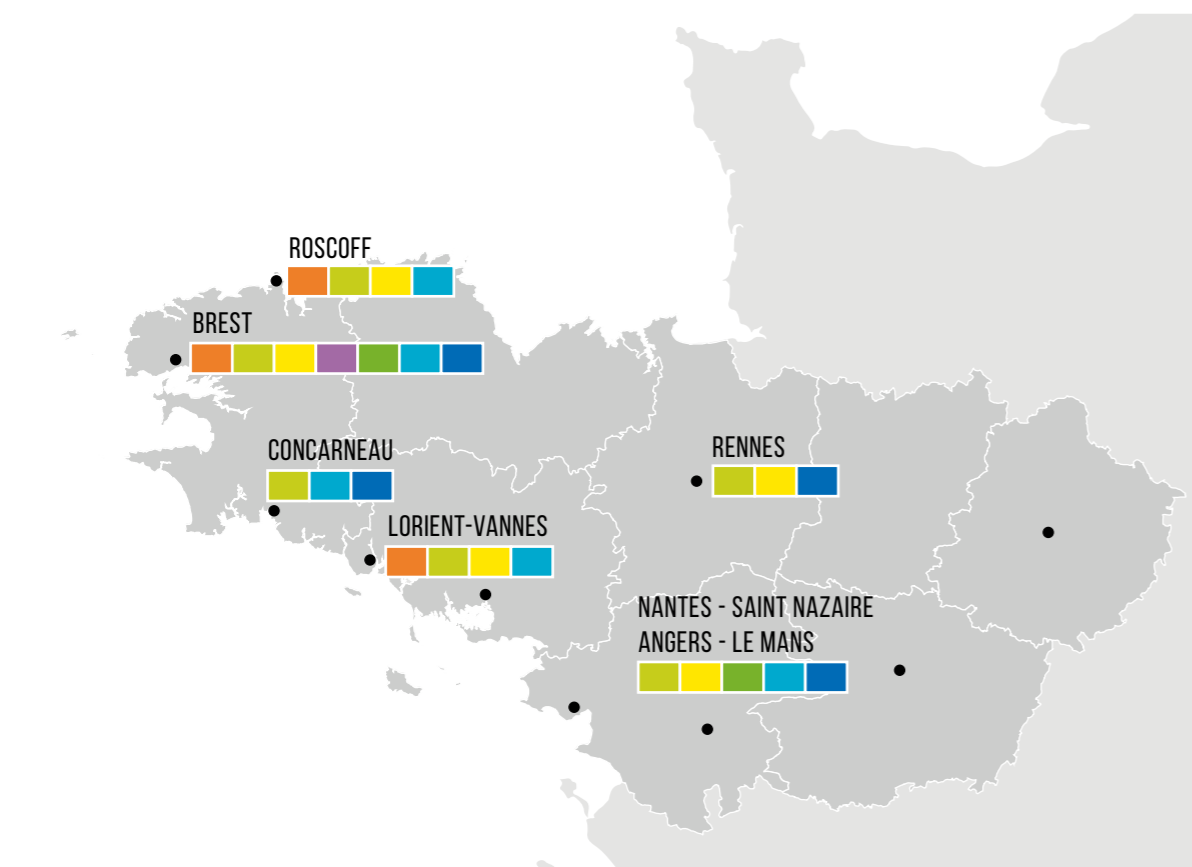


Figure 1 : Répartition au 1er janvier 2014 des personnes impliquées (300 scientifiques au total) dans des projets de biotechnologies marines en Régions Bretagne et Pays de la Loire.

* : Ingénieurs/ Techiciens/ Administratifs



BREST - PLOUZANE : 58 PERS.

Unités de recherche :
LEMAR, LM2E, AMURE, URDT, LUBEM,
Géoarchitecture

CONCARNEAU : 8 PERS.

Muséum National d'Histoire Naturelle

LORIENT - VANNES : 26 PERS.

Unité de recherche : LBCM

NANTES - SAINT NAZAIRE - ANGERS - LE MANS : 145 PERS.

Unités de recherche :
GEPEA, MMS, LEMNA, EM3B, PBA

RENNES : 17 PERS.

Unités de recherche :
Agrocampus Ouest, Laboratoire LPGP

ROSCOFF : 59 PERS.

Unités de recherche :
FR2424, AD2M, LBI2M, P3H



Figure 2 : Cartographie des laboratoires de recherche en biotechnologies marines

LA CHAÎNE DE VALEUR

Le Grand Ouest bénéficie de larges compétences pluridisciplinaires et complémentaires en écologie, écophysiologie, phytologie, production animale, microbiologie, biologie moléculaire, génie génétique et sciences dites omiques, ainsi qu'en biochimie/chimie et en génie des bioprocédés, dédiés aux environnements marins. Ceci permet aux groupes de recherche d'avoir une connaissance approfondie de nombreux écosystèmes marins et de pouvoir agir sur toute la chaîne de valeur, depuis l'identification et la caractérisation d'organismes ou de modèles marins, jusqu'à la production de biens pour les domaines d'applications cités précédemment, en réponse à des demandes économiques et sociétales fortes (Figure 3).

De plus, la présence de compétences fortes dans des secteurs périphériques aux biotechnologies (opto-électronique, photonique, technologies de l'information et de la communication, imagerie, informatique et bioinformatique) en Bretagne et Pays de la Loire est un atout fort qui profite également au développement des biotechnologies marines.

En outre, les axes de Recherche & Développement s'inscrivent dans le contexte des priorités et recommandations du Marine Board⁴ et de la Stratégie Nationale de Recherche et d'Innovation (SNRI)⁵.

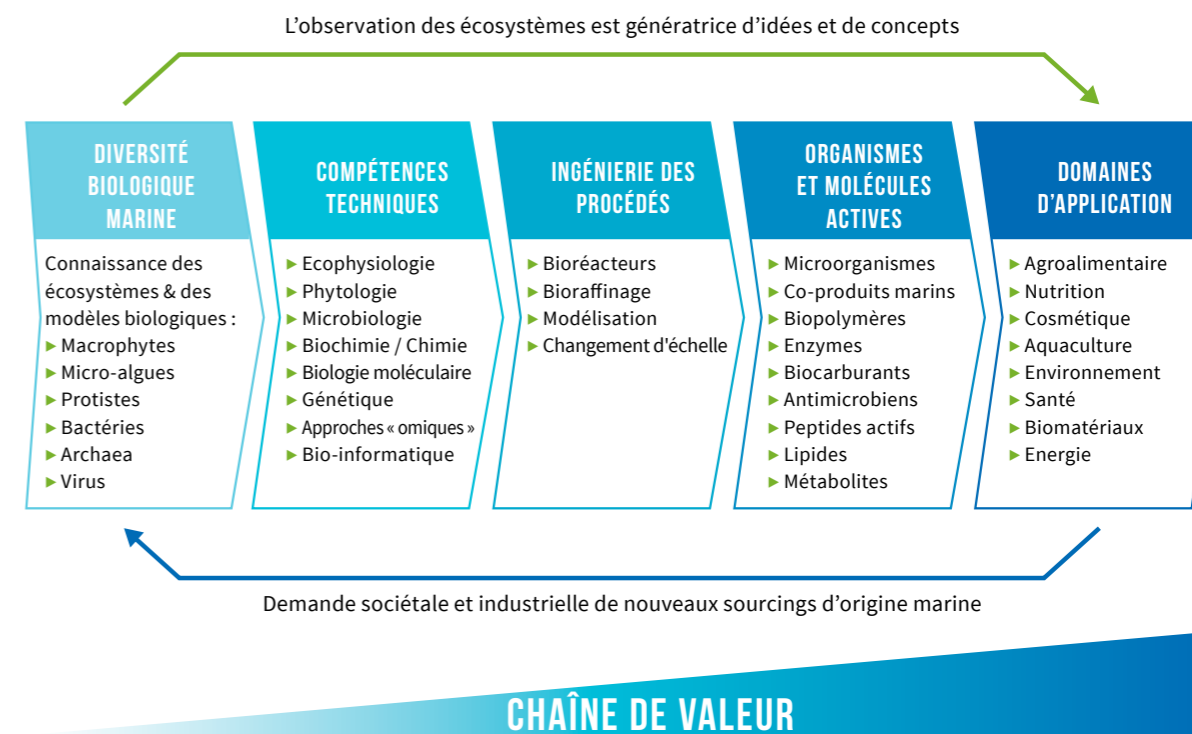


Figure 3 : Chaîne de valeur de la recherche en biotechnologies marines dans les Régions Bretagne et Pays de la Loire

⁴ Position Paper 15 Marine Biotechnology: A New Vision and Strategy for Europe

⁵ Stratégie Nationale de Recherche et d'Innovation (SNRI) : urgence environnementale et écotecnologies

Nous avons choisi d'illustrer cette chaîne de valeur par quelques exemples.

Le domaine de la glyco-biotechnologie marine traduit bien les compétences complémentaires existantes au sein des régions Bretagne et Pays de la Loire

La région du Grand Ouest dispose en effet d'atouts importants dans ce domaine sur toute la chaîne de valeur, avec en particulier :

- des compétences de recherche en chimie et biologie des organismes marins,
- des compétences analytiques (chimie et biochimie des poly-oligo-saccharides),
- des plate-formes et des entreprises effectuant le criblage et l'évaluation des activités des molécules actives,
- des industriels pouvant potentiellement valoriser ces molécules en alimentation (ex. nutraceutiques), cosmétique, santé animale, végétale ou humaine.

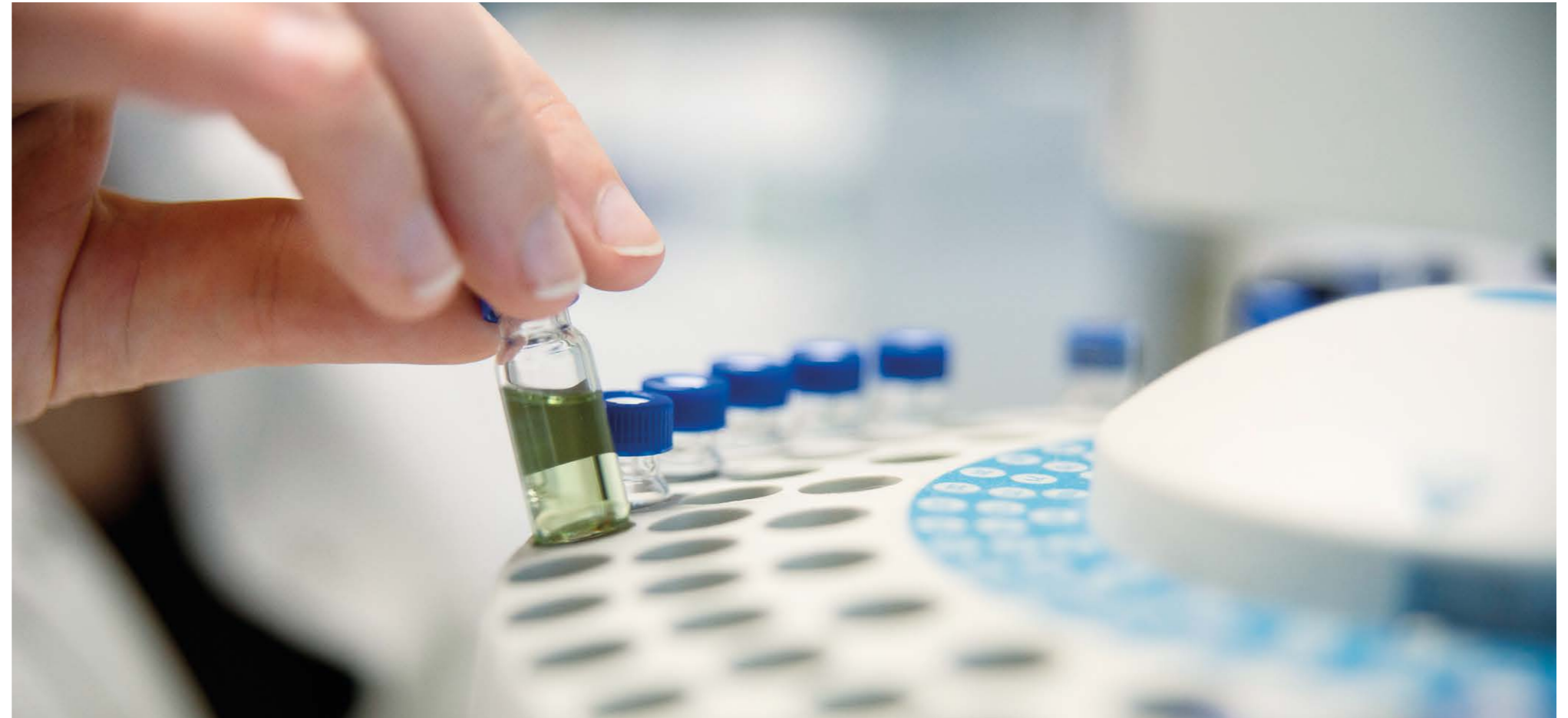
Les polysaccharides en tant que stimulateurs des défenses naturelles des plantes

Née d'une Unité Mixte de Recherche (UMR), pionnière en France puisqu'elle a regroupé de 1999 à 2006 un partenaire privé et un partenaire public, une collaboration étroite entre les laboratoires Goëmar, le CNRS et l'UPMC a permis de mettre au point la première version de Iodus®, un produit s'inscrivant dans le marché des molécules stimulatrices des défenses naturelles des plantes, à partir de la laminarine, un polysaccharide extrait de l'algue brune : *Laminaria digitata*. Toutes les étapes de la chaîne de valeur étaient présentes dans le Grand Ouest.



Les polysaccharides pour des applications en cosmétique

L'Abyssine®, produit LUCAS MEYER COSMETICS est utilisée en cosmétique. Elle est issue d'exopolysaccharides provenant d'un microorganisme extrêmophile découvert à l'Ifremer et vivant dans les cheminées hydrothermales marines.



Chromatographie gazeuse analyse des acides gras de microalgues © Nicolas Job / HEOS Marine

Bioraffinage des microalgues et cyanobactéries

Les collaborations entre le GEPEA-CNRS et l'entreprise Alpha-Biotech à Assérac (site de production et de raffinage d'AlgoSource Group) ont permis dès la fin des années 90, le développement de biomasses et d'extraits originaux (pigmentaires et protéiques) pour les marchés de la cosmétique et des nutraceutiques (Spirulysat® par exemple). Cette synergie Université-CNRS-Industrie se prolonge aujourd'hui dans le cadre d'une approche d'écologie industrielle et d'économie circulaire (utilisation de CO₂, d'azote et de chaleur fatale provenant d'usines) visant à exploiter à grande échelle les microalgues en vue de leur bioraffinage.

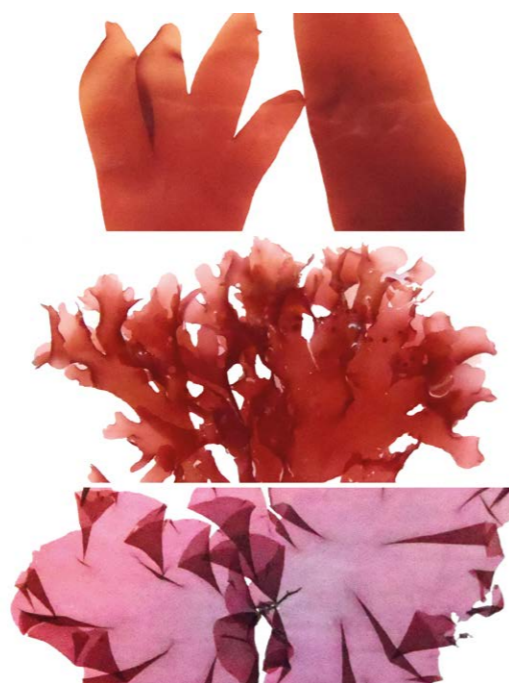


Culture en Photobioreacteur plan AlgoSource © Nicolas Job / HEOS Marine

Les algues rouges et le traitement des maladies hématologiques

La découverte d'une molécule algale SC2310, extraite d'une algue rouge et qui amplifie la réponse immunitaire de l'hôte, est le fruit d'une collaboration croisée entre l'Institut Universitaire Européen de la Mer (IUEM-UBO), la Fédération Leucémie Espoir (FLE), le Centre Hospitalier Universitaire de Brest (CHU) et le CNRS/UPMC. Un brevet a été déposé en juin 2014. La molécule SC2310 est expérimentée dans le traitement des maladies hématologiques sensibles au système immunitaire (comme la leucémie, les mélanomes de la peau ou certaines tumeurs cancéreuses touchant les reins).

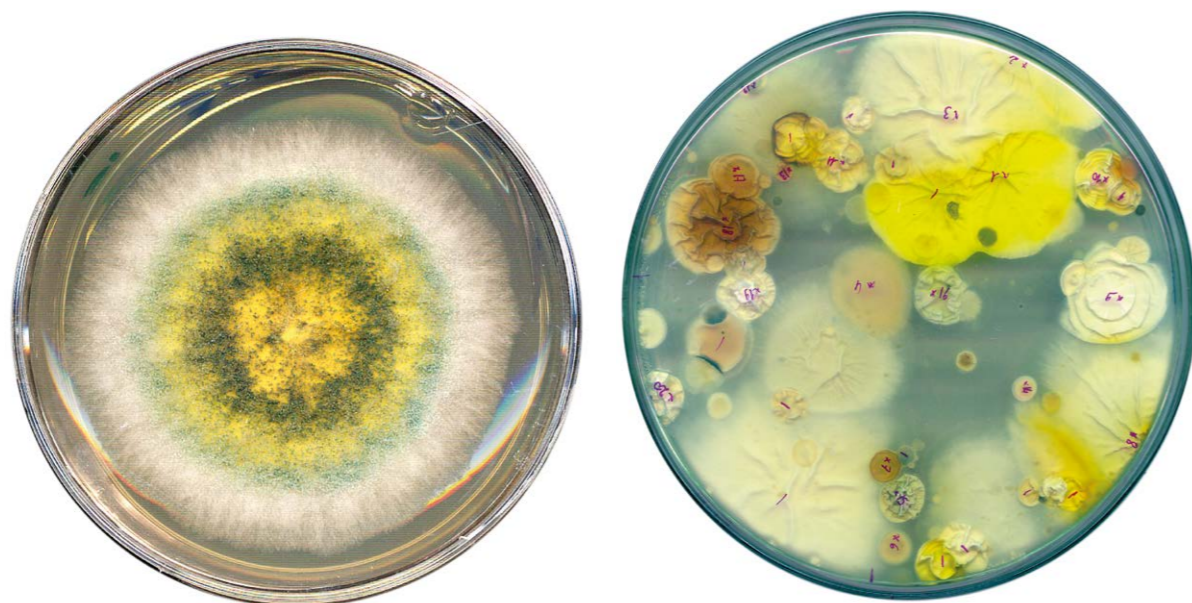
La SAS IRTMS a été créée à Brest à parité par le Groupe Quéguiner et la Fédération Leucémie Espoir (FLE) le 14 novembre 2014.



Algues rouges © Gaspard Delebecq

Champignons marins

En milieu terrestre, les recherches sur les métabolites bioactifs des micromycètes ont débuté suite à la découverte de la pénicilline. Depuis, ils ont été la source de molécules de première importance en santé comme les céphalosporines, la cyclosporine ou les statines. En milieu marin, leur étude est beaucoup plus récente, mais aujourd'hui les champignons « marins » constituent un des principaux réservoirs pour la recherche de nouvelles molécules d'intérêt, que ce soit pour des applications en santé humaine, animale ou végétale mais aussi en nutrition ou encore en génie enzymatique.



LES SOURCES DE FINANCEMENT

En France, il n'existe pas d'appel d'offres spécifique pour financer la recherche sur les biotechnologies marines et les environnements marins. Pourtant, le Grand Ouest est un partenaire clé dans de nombreux projets européens impliquant les biotechnologies marines (Macumba, BioCare, Marmed, etc.) pour n'en citer que quelques-uns et dans plusieurs projets investissements d'avenir (Idealg, Océanomics et EMBRC, LabexMER, etc.). Pour la période 2009 à 2020, on remarque que les sources de financement sont diversifiées et que leur répartition en Régions Bretagne et Pays de la Loire se fait majoritairement entre l'Europe, les Programmes d'Investissements d'Avenir (PIA), et la Banque publique d'investissement, BPI France (ex OSEO) (Figure 4).

La liste détaillée des projets est fournie en Annexe 3. Il convient de noter l'investissement personnel des partenaires privés dans les projets qui bénéficient en général d'un soutien modéré en fonds publics à hauteur de 45-50% pour une PME (définition européenne), et de 25% pour un Groupe.

Les liens entre le domaine académique et le secteur industriel sont forts, comme en témoigne la Figure 5. Plus de la moitié des projets financés voit la participation de partenaires du secteur privé. De 2009 à 2013, ce sont en moyenne 20 projets collaboratifs portant sur les biotechnologies marines qui débutent chaque année.

Figure 4 : Répartition du budget total en fonds publics (171 millions € coûts totaux des projets), en pourcentage, suivant les sources de financement en Régions Bretagne et Pays de la Loire pour les projets ayant été soutenus de 2009 à 2013 (la durée de certains projets s'étend jusqu'à 2020).

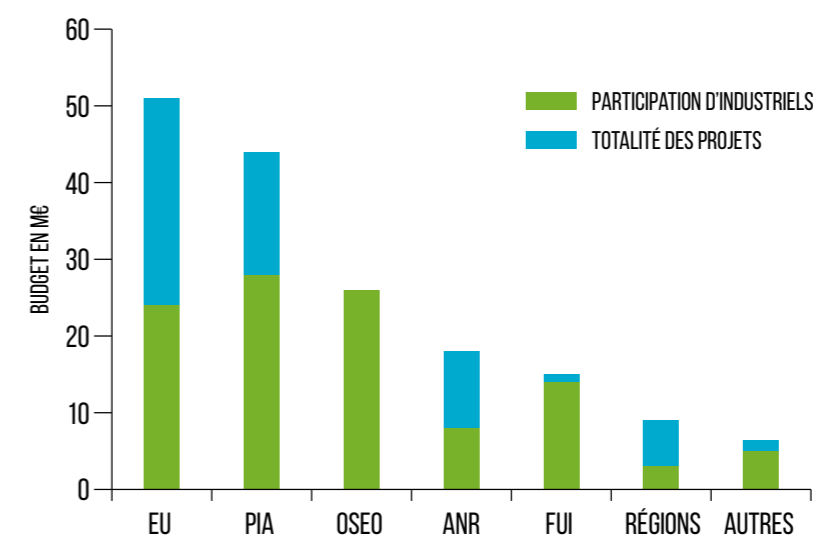
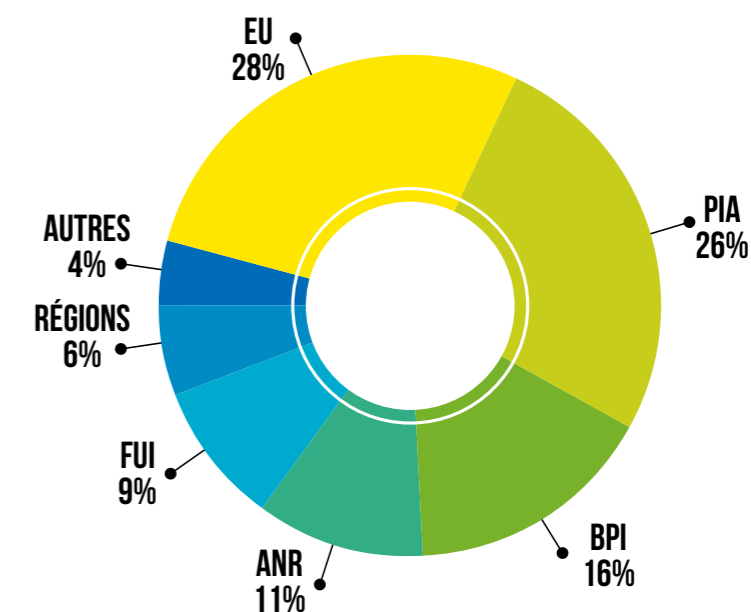


Figure 5 : Sources de financement des projets liés aux biotechnologies marines en Région Bretagne et Pays de la Loire de 2007 à 2020. En vert : l'ensemble des projets. En bleu : les projets faisant intervenir des industriels (voir aussi Annexe 3).

ANALYSE SWOT RECHERCHE

ATOUTS

- Présence d'une recherche fondamentale et appliquée reconnue à l'échelle nationale et internationale
- Connaissance de nombreux écosystèmes marins et maîtrise des techniques : génie génétique, biochimie/chimie, cultures, production animale, extractions (raffinage)
- Tissu d'acteurs riche et diversifié : amorce de masse critique (300 scientifiques) pour une visibilité internationale
- Compétences pluridisciplinaires et complémentaires, tant en expertises qu'en ressources marines (collections : végétaux, animaux et microorganismes) avec un potentiel algues manifeste : macroalgues et microalgues de la biodiversité jusqu'à la bioraffinerie
- Outils analytiques, plates-formes technologiques et de bioproductions, techniques d'isolement de microorganismes à haut débit, bioréacteurs contrôlés, techniques extractives, caractérisation biochimique, génomique et bioinformatique.

OPPORTUNITÉS

- Le Grand-Ouest a aujourd'hui les moyens de raisonner « filière » : de la biodiversité à la valorisation (fort potentiel de recherche, de développement industriel et de structuration), consolidation de réseaux Grand Ouest, national, européen (ex. EMBRC Europe)
- Développer le potentiel collaboratif de la biologie et de l'ingénierie avec les SHS (Droit, Economie, Géographie et Sociologie)
- Synergie Bretagne et Pays de la Loire (COMUE UBL, projet d'IDEX UBL+), partenariat UBL-IDEX / UPMC sur le territoire. Améliorer les complémentarités et les synergies par des programmes inter-régionaux et des outils de soutien adaptés
- Renforcer les outils d'accompagnement financiers : il existe des possibilités de financement des travaux R&D amont et appliqués, mais peu accompagnent le transfert d'échelle : preuve de concept, transfert et développement pré-industriel (« vallée de la mort » entre les TRL* 3 et 6)

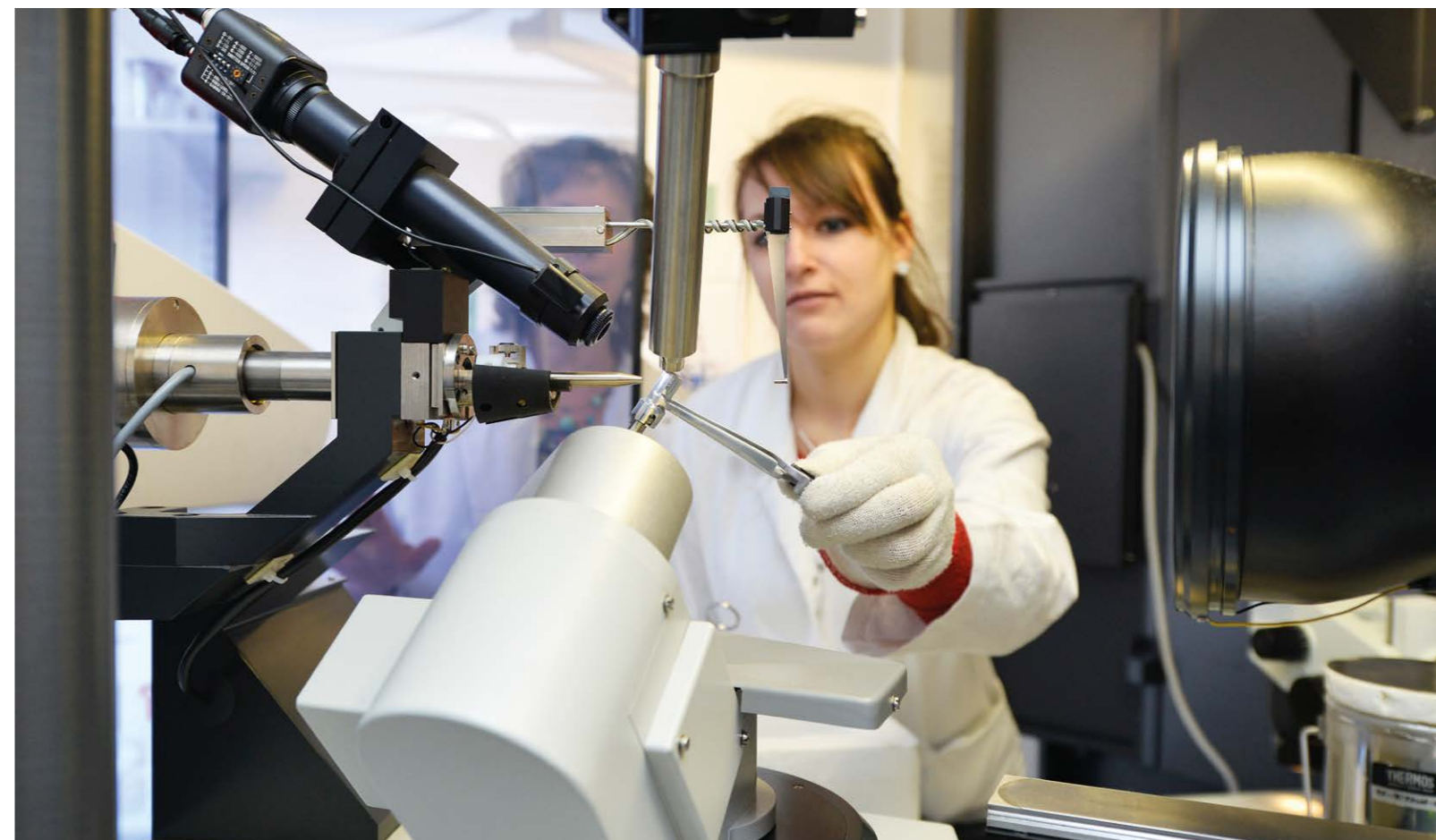
* Technology Readiness Level (niveau de maturité technologique)

FAIBLESSES

- Manque d'appropriation des biotechnologies marines au niveau national, pas de traduction programmatique, pas de spécificité marine dans le domaine des biotechnologies
- Manque de positionnement des instances nationales au niveau européen
- Encore trop faible niveau de collaboration entre les acteurs en recherche des régions Bretagne et Pays de la Loire. Quelques projets inter-régionaux existent mais mériteraient d'être beaucoup plus nombreux.
- Manque de grandes capacités de fermentations/cultures pour organiser les procédés de production de molécules à grande échelle (culture, production, extraction, purification, etc.)
- Preuve de concept : la phase intervenant entre les travaux de recherche, pilotes-laboratoires et le passage à la phase pré-industrielle/industrielle manque cruellement d'outils de formalisation et d'outils financiers adaptés.

MENACES

- Aspects réglementaires, coûts et délais induits (« novelfood », tests précliniques/cliniques, etc.)
- Accès à la ressource (sécuriser la biomasse, maîtriser les cultures de microorganismes à grande échelle)
- OGMs – risque de dissémination, image de marque
- Mauvaise prise en compte de l'échelle temps pour les développements biotechnologiques
- Dispersion des activités
- Difficulté pour trouver un modèle économique viable pour les plate-formes technologiques
- Risque dans le contexte budgétaire actuel difficile qu'une stratégie à court terme soit privilégiée, ce qui aurait pour effet de favoriser des soutiens à des projets aval au détriment de l'amélioration du développement de connaissances amont. Les deux aspects doivent être menés de front



© EMBRC

Les régions Bretagne et Pays de la Loire ont des atouts forts en recherche dans le domaine des biotechnologies marines : un éventail de compétences très complet, une visibilité nationale et internationale, près de 300 chercheurs et des outils et plate-formes originales. Pourtant, dans le contexte actuel, le secteur reste fragile. Il est important, si on se place dans une perspective à long terme de développement des biotechnologies marines, de maintenir un excellent niveau de recherche fondamentale afin de :

- continuer à alimenter le flux de découvertes en termes de nouvelles molécules et de nouveaux organismes marins
- renforcer les aspects de caractérisation des mécanismes d'action (relation structure/fonction) qui sous-tendent la validation de nouvelles activités porteuses d'innovation.

LA FORMATION EN BIOTECHNOLOGIES MARINES

ÉTAT DES LIEUX ET ANALYSE DES FORMATIONS EN BIOTECHNOLOGIES MARINES SUR LES TERRITOIRES BRETONS ET LIGÉRIENS

Quatorze formations en biotechnologies marines¹, accueillant environ 250 étudiants par an, pour la plupart de niveau Master, sont actuellement recensées dans le périmètre de la COMUE Université Bretagne Loire. Elles sont localisées à Brest (IUEM-UBO), Nantes/Angers/Le Mans (UNAM), Roscoff (UPMC-Station Biologique), Lorient-Vannes (UBS) et Rennes/Fouesnant- Beg Meil/Angers (Agrocampus Ouest). Deux formations d'ingénieurs en Génie des Procédés et Bioprocédés (école Polytech Nantes/Saint-Nazaire) et en Microbiologie et Qualité (ESIAB-UBO) complètent l'offre de formation. Par ailleurs, bien que l'ensemble des formations courtes de type Licence 3, BTS et DUT n'affichent pas d'options spécifiques en biotechnologies marines, elles constituent pourtant un maillon essentiel du dispositif de formation. En effet, les Licence 3^{ème} année de Biologie ou de Biochimie sont de bonnes portes d'accès aux Masters spécialisés en biotechnologies marines. Les IUT (essentiellement Génie Biologique et Génie de Procédés option Bio-industries) forment des technicien(ne)s supérieur(e)s opérationnel(le)s dès l'obtention du DUT. Cependant, plus de 30% des titulaires de DUT continuent ensuite leurs études pour accéder aux Masters et près de 15% d'entre eux intègrent des écoles d'ingénieurs.

Les entreprises bretonnes associées au secteur des biotechnologies ayant répondu à l'enquête de Capbiotek (Inventaire EducBio CapBiotek, 2013) font ressortir la grande qualité scientifique des formations actuelles. Cependant, la moitié d'entre elles souligne un déficit de formations courtes (formations de techniciens) plus en relation avec le monde de l'entreprise. En effet, il est souvent noté que les jeunes diplômés peuvent faire preuve d'un manque de connaissances dans un ou plusieurs des domaines suivants : connaissances transversales (gestion de projets, marketing, commerce), connaissances générales sur l'entreprise et sur son fonctionnement (approches budgétaires, principes de base de gestion, etc.), maîtrise courante de l'anglais et des connaissances spécifiques à chaque secteur telles que la connaissance des produits, de leur cycle de vie, de la recherche clinique, des démarches qualité, des normes et des aspects réglementaires (propriété intellectuelle, brevets, contrats, dispositifs européens, etc.).

De plus, le cloisonnement entre filières de formation (médecine, pharmacie, écoles d'ingénieurs, sciences de la vie) est peu adapté à la demande pluridisciplinaire du milieu industriel. L'enseignement dans le domaine de la santé est orienté notamment vers les soins, et favorise peu les parcours vers l'industrie. En sciences de la vie, les cursus longs et la voie de la recherche publique sont parfois favorisés au détriment de cursus plus appliqués. Enfin, il semble y avoir assez peu de passerelles permettant des parcours mixtes. Dans le secteur des biotechnologies, il faudrait mieux distinguer tronc commun (compétences en biologie et gestion d'entreprise et des hommes) et spécialisation.

¹ Extrait en partie du rapport EducBio 2013 Capbiotek (liste des formations niveau bac+5 en Annexe 5)

Ces premiers éléments mettent en évidence que l'offre de formation sur les territoires bretons et ligériens manque un peu de visibilité auprès des entreprises, notamment en raison d'une trop faible coordination entre les établissements d'enseignement supérieur, et ne leur permet pas d'avoir une bonne vision des jeunes diplômés bretons, de leur niveau de compétences et de leur domaine de prédilection. Un partenariat inter-établissement (Station Biologique de Roscoff, UBS, UBO) a vu le jour en 2013 lors de l'ouverture de la spécialité de Master « Biologie et Bioressources Marines » (SBR, UPMC). Ce partenariat se traduit notamment par l'échange d'étudiants entre les Masters SBR-UPMC et UBS, d'une part, et la mutualisation de certains enseignements entre les Masters de la SBR-UPMC, l'UBS et l'UBO. Cela constitue une première étape vers une meilleure coordination de l'offre de formation entre les établissements. Celle-ci devrait être favorisée - à l'échelle du Grand Ouest - par la création de la COMUE Université de Bretagne-Loire. Enfin, malgré quelques initiatives récentes pourtant très appréciées par les industriels, les universités restent encore trop peu pro-actives et sollicitées dans le cadre de la formation continue. Les biotechnologies bleues sont pourtant un secteur où les compétences évoluent très rapidement. Ainsi, des sessions de formation continues co-construites à la fois par les acteurs académiques et industriels mériteraient d'être mises en place.



© Sébastien HERVÉ / UBO

STRATÉGIE ET ACTIONS ENVISAGÉES

Pour améliorer la visibilité des formations en biotechnologies marines auprès des entreprises et attirer les jeunes vers les nouveaux métiers liés à l'exploitation durable de ces chaînes de valeur (cf. Annexe 5), deux actions principales seront menées.

Élaboration d'un annuaire des compétences, des métiers et des formations régionales en biotechnologies marines

La réalisation de l'annuaire est pilotée par l'UBO en collaboration avec le Technopôle Brest-Iroise. Le périmètre est celui de la COMUE Université de Bretagne-Loire et l'UPMC-Roscoff. Son financement partiel est assuré au titre d'une action pilote (activité 5) du projet européen Atlantic BlueTech visant à « Imaginer et soutenir le secteur des bioressources marines pour la période 2014-2020 ».

L'annuaire sera dédié à l'exploitation durable de la biodiversité marine et décrira quatre chaînes de valeur (Figure 6), les compétences et les métiers qui y sont associés, et les formations qui permettent d'y accéder. Cet annuaire sera également proposé au format numérique.

Développer l'offre de formation continue

Sur la base des recommandations issues de l'analyse SWOT, les liens avec le monde économique devront être renforcés en développant une offre de formation continue originale, associant les IUT, les écoles d'ingénieurs et les universités du Grand Ouest.

Les objectifs sont de :

- Compléter le dispositif de formation initiale dispensée par les établissements d'enseignement supérieur et de recherche du Grand Ouest
- Répondre aux besoins spécifiques des entreprises, voire les anticiper en formant de jeunes diplômés aux différents métiers de demain, sur toutes les compétences, des connaissances aux pratiques (chercheurs, ingénieurs, techniciens, professionnels des filières). Cette offre de formation continue mettra en avant les outils et les résultats de recherche novateurs, à l'interface des sciences biologiques, des systèmes de mesure et de traitement de l'information, des sciences humaines et sociales, etc. afin de prendre en compte les attentes et demandes du monde économique
- Proposer des formations ciblées sur des modèles/concepts émergents. Ces formations visent les opérateurs, les agents de maîtrise, les cadres mais aussi les entrepreneurs, afin de faire monter en compétences les entreprises des territoires bretons et ligériens sur les technologies de pointe (procédés, omiques, etc.), l'innovation, les expertises marchés et marketing, les modèles/plans d'affaire, etc.

EXPLOITATION DURABLE DE LA BIODIVERSITÉ MARINE

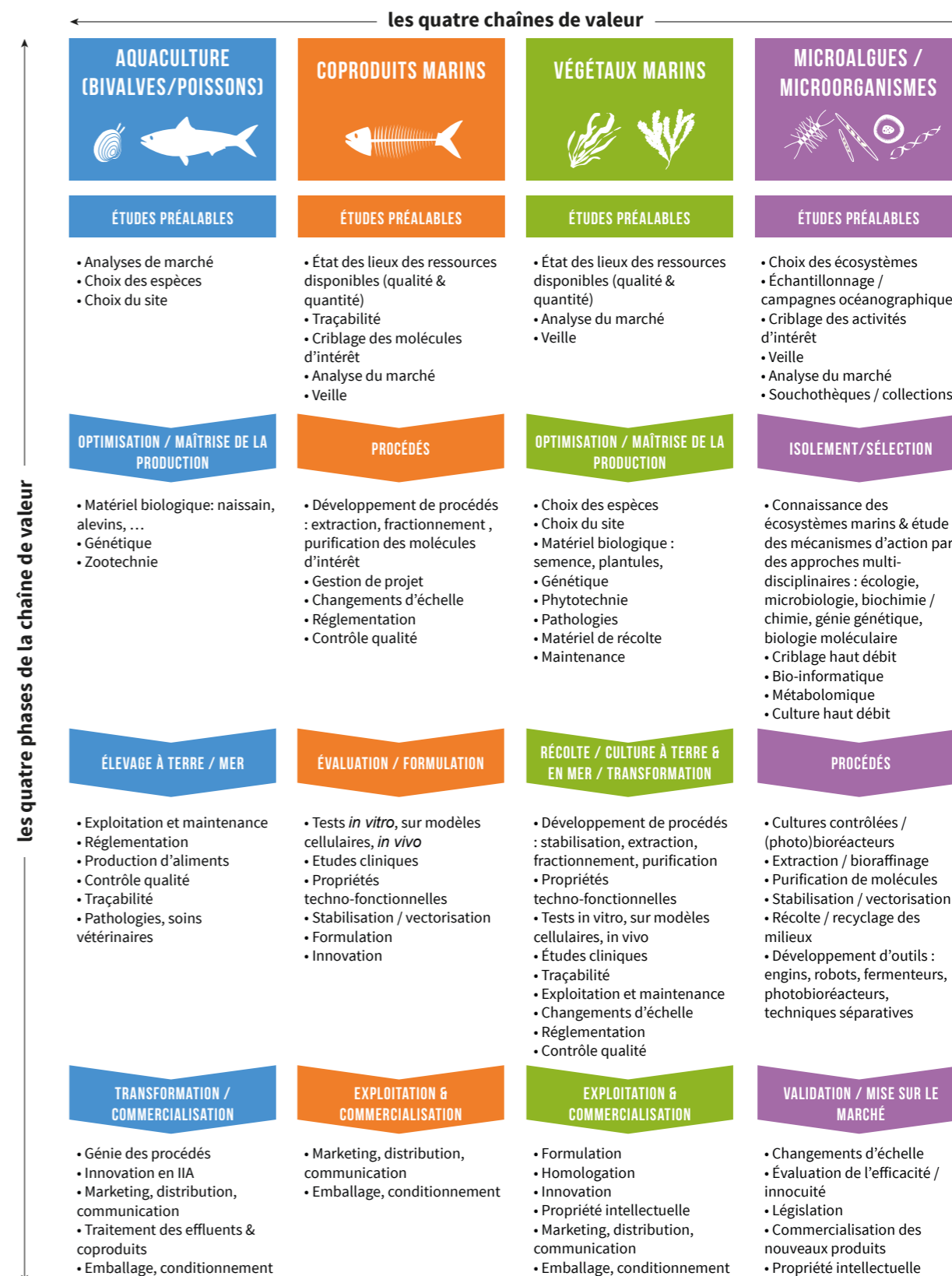


Figure 6 : Chaînes de valeur de la formation en biotechnologie marine pour les Régions Bretagne et Pays de la Loire.

UN CATALOGUE DE FORMATIONS CONTINUES ADAPTÉ À LA CHAÎNE DE VALEURS

Un catalogue proposant des sessions de courte durée (1 à 2 jours) sera élaboré chaque année, en partenariat avec les services de formation continue des établissements ainsi qu'avec les organismes proposant déjà une offre de formation continue (i.e. ADRIA, CRITT, etc.). Il sera diffusé avant l'été par mail aux entreprises du secteur via les réseaux des Pôles de compétitivité, technopôles, centres techniques et de transfert, SATT, Institut Carnot, etc.

Formations techniques

...sous forme de cours, conférences, ateliers avec études de cas.

Exemples de thèmes proposés :

Chaîne de valeur « Aquaculture bivalves/poissons »

- Production de microalgues de fourrage pour l'aquaculture (Ifremer, Univ. Nantes)
- Modèle bivalve : Maîtrise des phases précoces des espèces aquacoles : reproduction, nutrition, métabolisme, etc. (Ifremer)
- Modèle poisson : Maîtrise des phases précoces des espèces aquacoles : reproduction, nutrition, métabolisme, etc. (Ifremer)
- Fonctionnement et prophylaxie en éclosérie de bivalves (Ifremer, UBO)
- Les techniques « omiques » pour les études de traçabilité, le génotypage, le QTL, etc. (SBR-UPMC, CNRS, UBO, Ifremer)

Chaîne de valeur « Coproduits marins »

- Mieux valoriser ses effluents et coproduits marins par les procédés de séparation sur membranes (UBO, Univ. Nantes, CNRS, Ifremer, Oniris)
- L'arôme des produits marins: Comment l'évaluer ? Comment l'améliorer ? (Univ. Nantes, Oniris, UBO)
- Les lipides marins : diversité, outils analytiques et intérêt en biotechnologies (CNRS, UBO, Univ. Nantes, SBR-UPMC)
- hydrolyse enzymatique pour la production de nouveaux peptides fonctionnels : méthode du pH-stat; contrôle qualité (NIR, SEC-FPLC, ...). Applications en cosmétique, alimentation, etc. (UBO, CNRS, Ifremer, Oniris)

Chaîne de valeur « Macroalgues et Végétaux marins »

- Les algues marines : ressource, extraction, fractionnement/purification, caractérisation d'actifs thérapeutiques (UBO, SBR-UPMC, Univ. Nantes, CNRS)
- Les algues marines : Taxonomie (UBO-SBR-UPMC), Ressources (CEVA & Ifremer), volet alimentaire (CEVA)
- Les algues marines et leurs utilisations en alimentation, pharmacie et cosmétique : état des lieux et perspectives de développement (UBS, UBO, SBR-UPMC)
- L'algoculture : méthodes, aménagement du territoire & réglementation (SBR-UPMC, UBO, Ifremer).

Chaîne de valeur « Microalgues & Microorganismes »

- Photobiotechnologie et culture de microorganismes marins en bioréacteur : sélection et amélioration des souches, extraction, bioraffinage, valorisation (Univ. Nantes, CNRS, Ifremer, UBO)
- Microalgues, algoraffinage (Univ. Nantes, CNRS)
- Biofilms bactériens et activités anti-biofilm (UBS, UBO, Ifremer)
- Potentiel technologique de nouvelles méthodes de culture adaptées aux microorganismes marins et/ou extrémophiles (UBO, Ifremer, Univ. Nantes, CNRS) et valorisation de leurs biomolécules

Autres formations envisagées:

- Valorisation des centres de ressources biologiques par l'upgrading de cultures
- Séparations par membranes pour la valorisation de substances marines
- Initiation au Génie des Procédés / Bioprocédés

Formations transverses

...liées au processus d'innovation

- Créativité & analyse des risques au service des développements innovants en biotechnologies marines
- Efficacité dans la recherche d'information et la veille scientifique
- Propriété intellectuelle et brevets
- Réglementation et législation
- Nouveaux marchés (agrofouritures, biomatériaux, chimie verte, énergie, etc.)
- L'écosystème de l'innovation au service de la recherche partenariale
- Inscrire les entreprises du Grand Ouest dans les programmes européens Horizon 2020.

ANALYSE SWOT FORMATION

ATOUTS	FAIBLESSES
<ul style="list-style-type: none"> • Des atouts d'excellence en matière de formation et une forte attractivité au niveau national • Une masse critique et l'existence d'une cartographie des compétences en recherche et en formation • Le Pôle de compétitivité Mer Bretagne Atlantique : les formations labellisées permettent de faire le lien avec les nouveaux métiers issus des projets d'innovation et de les promouvoir auprès des étudiants (formations supérieures et professionnelles) • Les projets d'investissement d'avenir • Les plates-formes technologiques pour la démonstration et la formation • Des similitudes sur les DIS[*] des deux régions : Activités maritimes pour une croissance bleue (en Bretagne) & Industries maritimes (en Pays de la Loire) 	<ul style="list-style-type: none"> • Un manque de visibilité par les entreprises sur l'offre de formation des deux régions • Un manque possible de connaissances générales et transversales des jeunes diplômés sur l'entreprise et son fonctionnement • Une culture d'innovation et d'entrepreneuriat à renforcer • Une offre de formation à l'interface de plusieurs filières, marchés ou secteurs peu développée, voire inexistante
OPPORTUNITÉS	MENACES
<ul style="list-style-type: none"> • La création de la COMUE UBL pour faire émerger un domaine de formation structuré et visible (un thème « Bioprocédés et Biotechnologies bleues » a d'ailleurs été clairement défini au sein du département Mer et Littoral de l'UBL, y compris SBR-UPMC) • Des forces de recherche et d'innovation croissantes qui alimentent la formation de niveau Master • La nécessité d'une mise à niveau des aptitudes, des compétences et des niveaux de qualification de tous les acteurs au sein des entreprises • Le développement du e-learning 	<ul style="list-style-type: none"> • Un déficit de coordination et d'interdisciplinarité dans l'offre de formation • Une concurrence entre les universités • Un relatif désintérêt des étudiants pour les études scientifiques • Une perte de compétitivité des entreprises françaises due à un niveau de qualification insuffisant sur des technologies émergentes

* DIS : Domaines d'Innovations Stratégiques

TRANSFERT ET ENTREPRISES EN BIOTECHNOLOGIES MARINES

Les biotechnologies marines permettent la mise au point et le développement de nouveaux produits pour la santé, l'agriculture, l'agroalimentaire, la cosmétique, la chimie fine et la protection de l'environnement. Elles s'adressent donc à des marchés de niches avec des produits à forte valeur ajoutée et à faible volume (notamment les réactifs de chimie fine), mais aussi à des marchés de masse comme les polymères dits « bio-sourcés ».

LE GRAND OUEST : RÉGION MARITIME DE TRANSFERT ET DE DÉVELOPPEMENT INDUSTRIEL DES BIOTECHNOLOGIES MARINES

En termes de développement, ces biotechnologies marines ou biotechnologies bleues « Blue Biotechs » s'inscrivent dans le cadre régional de la politique européenne visant à investir dans **des pôles d'activités compétitifs en régions maritimes**. Elles sont clairement mentionnées comme de nouvelles opportunités économiques offertes par la recherche en sciences et technologies marines, en particulier pour des utilisations pharmaceutiques ou alimentaires.

En matière de soutien au transfert, les entreprises positionnées dans le secteur des biotechnologies bénéficient dans le Grand Ouest d'un tissu de R&D académique riche et diversifié. Les forces en présence (essentiellement CNRS, Ifremer, Universités, MNHN : cf. Figure 2) s'appuient sur des projets scientifiques à visibilité nationale et/ou européenne. Les acteurs de l'innovation organisés en réseau (fédération des technopoles, centres techniques et de transfert, pôles de compétitivité, etc.) accompagnent les entreprises sur tout leur cycle de vie en interaction avec les établissements de recherche, la SATT, etc.

Les biotechnologies marines sont aussi des briques structurantes soutenues par les Programmes d'Investissements d'Avenir sur impulsion de l'Etat et par des stratégies de développement régionales et interrégionales en faveur des biotechnologies (Capbiotek, Blue-Cluster, Pôle Mer Bretagne Atlantique).

LES BIOTECHNOLOGIES MARINES EN BRETAGNE ET PAYS DE LA LOIRE : 124 ENTREPRISES

ETAT DES LIEUX

Cartographie des entreprises

Les entreprises du domaine revêtent encore pour un certain nombre d'entre elles un **caractère exploratoire**. De ce fait certaines n'ont pas encore atteint un stade de maturité. Elles peuvent être appréhendées comme le continuum à l'exploration des ressources marines visant à exploiter, via des travaux à caractère finalisé, des ressources biologiques nouvelles. Pour les plus anciennes, il s'agit de continuer à innover pour rester compétitives, eu égard notamment aux évolutions réglementaires (cf. REACH), induisant souvent de lourds investissements. La taille des entreprises du Grand Ouest s'inscrit souvent sur le segment PME ou grands groupes. L'entreprise de taille intermédiaire (ETI) est encore peu présente sur le territoire.

Toutefois, en terme prospectif, les entreprises des biotechnologies marines sont considérées comme **élément de croissance à fort potentiel** dans différentes études internationales et elles se positionnent dans le créneau « Recherche-Développement-Innovation » mis en avant comme **avantage compétitif de l'Europe**.

Au plan du transfert, en dehors des problématiques classiques de propriété intellectuelle (PI), elles intègrent aussi une **composante juridique spécifique** si l'on se réfère à la réglementation de la bioprospection dans différentes zones géographiques (accès au Domaine Public Maritime, accord de Rio, ZEE, AMPs, RUP ...) pour exploiter la biodiversité marine.

Cent vingt-quatre entreprises ont été recensées en Pays de la Loire et en Bretagne en 2014 (Figure 7). Un quart d'entre elles ont centré leur activité sur le criblage de souches, la caractérisation de la matière, la production et la transformation de biomasse marine. Les autres entreprises, quant à elles, ont acquis une expertise dans le développement de nouveaux produits et/ou services issus de cette ressource sur les différents marchés (alimentation, nutrition, cosmétique, santé, etc.).

Une très grande majorité d'entre elles sont des TPE (moins de 10 salariés). Parmi elles, les sociétés essayées des organismes de recherche, tels que l'Ifremer ou le CNRS et des Universités, présentent un potentiel de développement considérable. L'expertise confirmée des compétences académiques est précieuse pour le développement de ces jeunes entreprises innovantes.

De la même façon, les autres entreprises émanant de la sphère économique s'appuient elles-aussi sur l'expertise des laboratoires publics pour assurer leur développement.

⁶ ZEE-zone Economique Exclusive , AMP- Aire Maritime Protégée, RUR -Région Ultra Périphérique

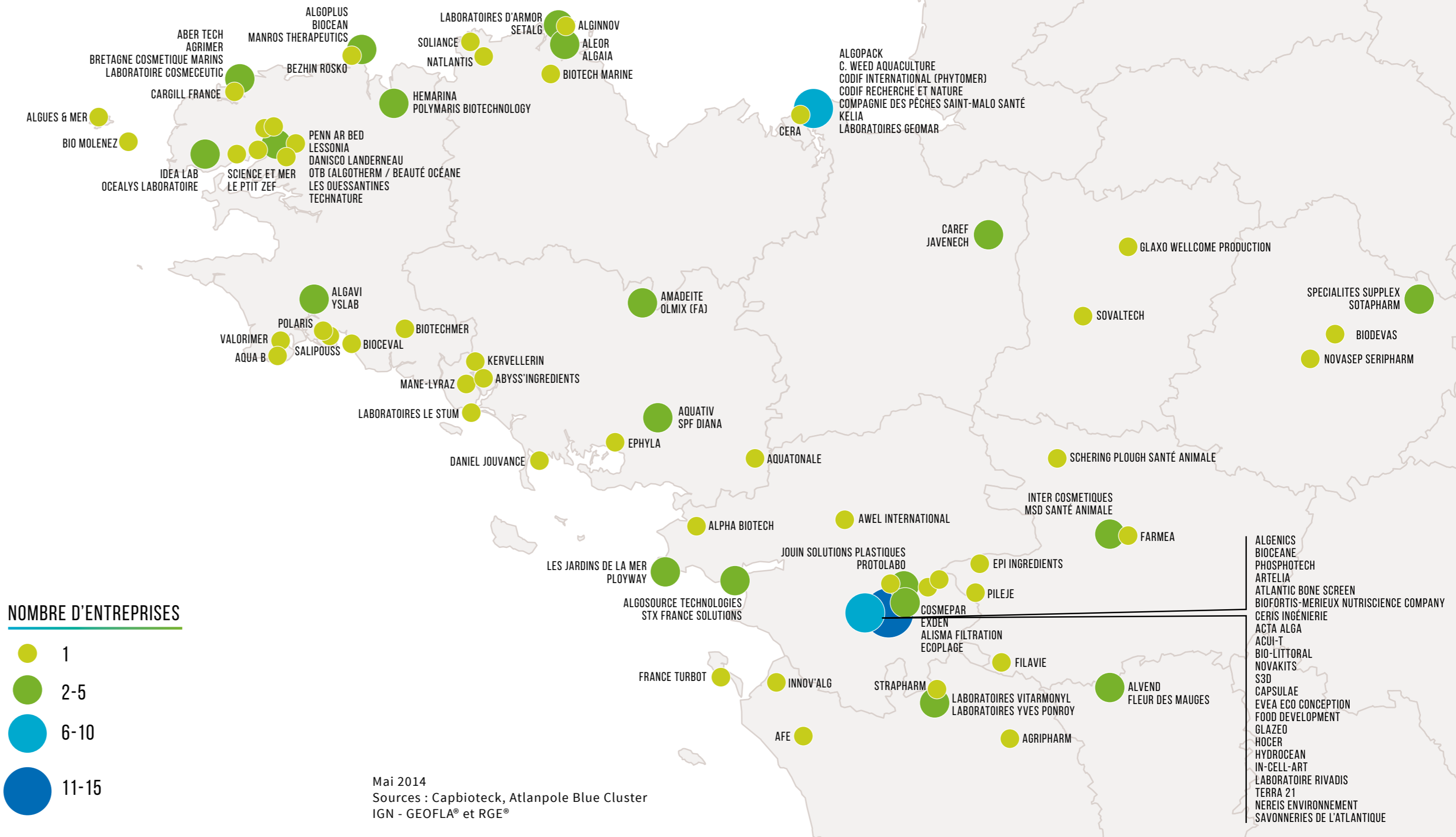


Figure 7 : Cartographie des entreprises en biotechnologie marine dans les Régions Bretagne et Pays de la Loire



Dynamique de transfert de technologie et de création d'entreprises

Présentation des acteurs du transfert de technologie et de l'innovation

Le caractère innovant et la forte originalité de la biodiversité marine sont porteurs d'un grand potentiel de Propriété intellectuelle et industrielle et de valorisation. Sur ce domaine, la **SATT Ouest Valorisation**, les **technopoles**, les **CEEI** et **incubateurs**, les **CRITT** (**CBB Capbiotek** et **ID2Santé**) et les **centres techniques** (CEVA, ID-Mer, Vegenov) sont des interlocuteurs privilégiés pour l'émergence, le transfert et le développement de projets innovants. Ils favorisent également l'essaimage académique, la création de start-up et d'entreprises ou le développement de celles qui existent déjà.

Les acteurs, laboratoires et entreprises sont fédérés au sein de différents réseaux, dont les Pôles de compétitivité Mer Bretagne Atlantique (PMBA), Valorial, Atlanpole Biotherapies visant à accompagner les projets collaboratifs d'innovation public/privé pour la compétitivité et la création d'emplois, contribuant ainsi à nourrir et consolider l'écosystème de valorisation et de transfert du Grand Ouest. Ces réseaux s'inscrivent dans des dynamiques régionales de soutien aux biotechnologies, qu'il s'agisse de Capbiotek en Bretagne ou du Blue Cluster en Pays de la Loire.

Concernant les pôles de compétitivité, la stratégie nationale dite 3.0 (passage de « l'usine à projets » à « l'usine à produits ») est un facteur clé de soutien au développement industriel et aux actions de transfert. Le Pôle Mer Bretagne Atlantique a un rôle particulier à jouer. Sa feuille de route stratégique 2013-2018 présente six Domaines d'Actions Stratégiques (DAS) dont un est dédié aux Ressources biologiques marines (DAS4), parmi elles les biotechnologies marines (Programme Fédérateur PF7).

Etendu aux Pays de la Loire depuis 2014, le Pôle Mer Bretagne Atlantique travaille également en ouverture territoriale avec la Basse-Normandie. Ce périmètre à l'échelle du Grand Ouest est un relai majeur entre les sphères de la recherche et le tissu économique/industriel et un formidable vecteur de développement.

Etat des lieux en matière de propriété industrielle

Le développement de l'industrie dans les biotechnologies marines s'appuie sur des brevets qui sont un moteur clé de l'innovation. L'analyse des dépôts de demandes de brevet permet donc de mieux cerner la dynamique d'innovation dans un domaine.

Sous cet angle original d'analyse d'une dynamique économique, il apparaît que pour le secteur des biotechnologies marines, les régions Bretagne et Pays de la Loire présentent de nombreux atouts avec 381 demandes de brevets déposées de 2000 à 2011. Ce chiffre est très positif au regard de la typologie des sociétés, principalement des start-up, TPE et PME. La dynamique temporelle des dépôts offre une image plus intéressante sur la production d'innovations dans un domaine. La Figure 8 montre une augmentation régulière du nombre de dépôt depuis 10 ans. Les dépôts de brevets d'aujourd'hui sont les innovations sur le marché de demain.

On notera par ailleurs (Figure 9) que le secteur académique est le premier déposant, même si les trois suivants sont des entreprises. Au niveau national, tous secteurs confondus, les industriels restent les principaux déposants (17 industriels pour 3 institutionnels pour les 20 premiers déposants⁷).

Cette analyse montre aussi que seules 7 entreprises (sur les 124 référencées dans le secteur des biotechnologies sur les deux régions) figurent parmi les vingt principaux déposants. Ce constat impose de renforcer la propriété industrielle des entreprises, notamment en favorisant des partenariats avec la recherche académique.

En outre, l'analyse des brevets en biotechnologie marine en France (Annexe 6) démontre un dynamisme certain de la recherche dans le Grand Ouest dans ce domaine.

⁷ L'Expansion « Les champions français du dépôt de brevets par Samuel Baudouin », publié le 05/04/2013

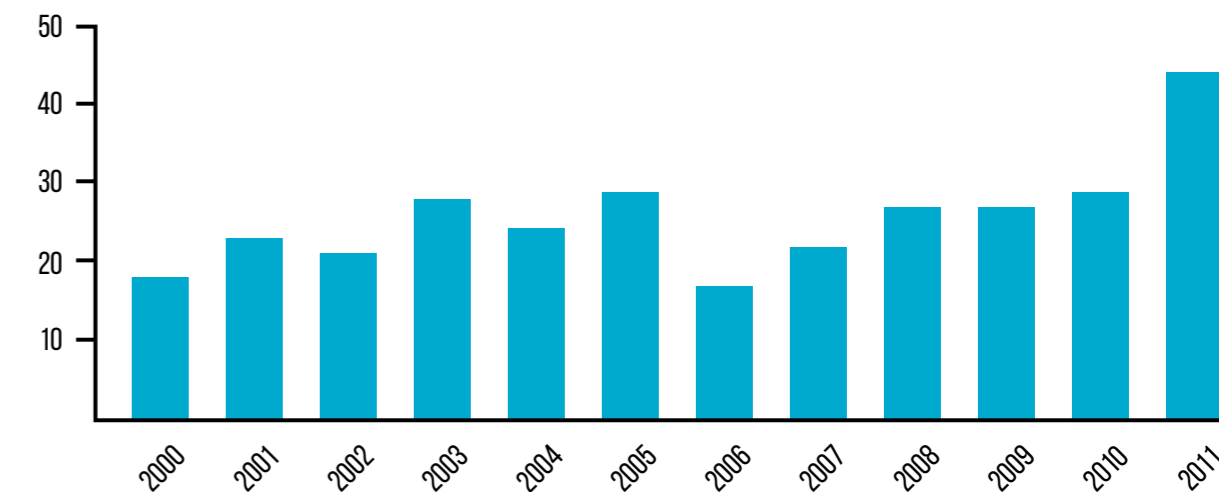


Figure 8 : Evolution temporelle des dépôts de demandes de brevets dans les régions Pays de la Loire et Bretagne

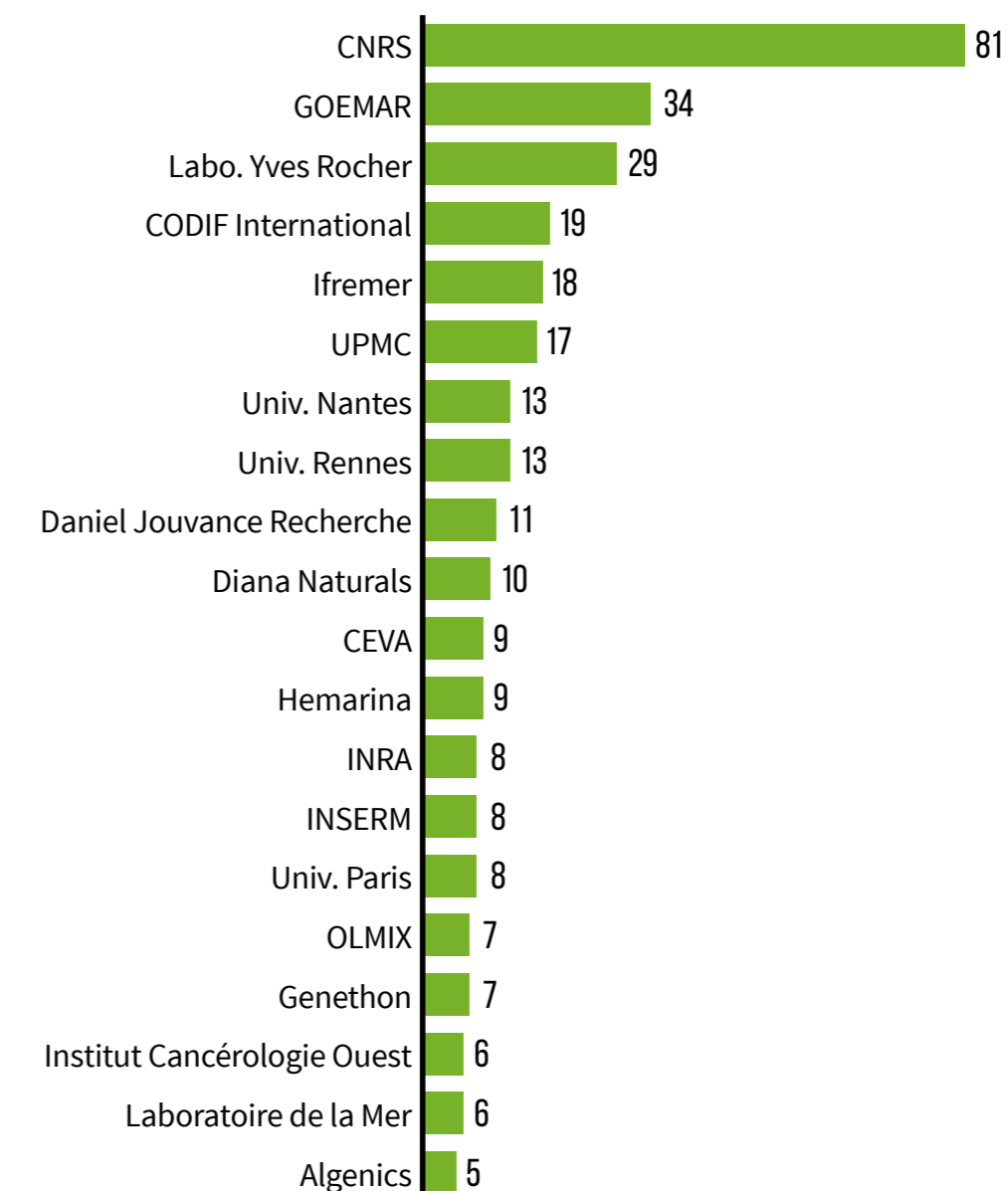


Figure 9 : Principaux déposants de demande de brevets dans les régions Bretagne et Pays de la Loire

La chaîne de valeur-transfert

S'agissant de la production et la valorisation de la biomasse, les acteurs ont pour métier la sélection et la caractérisation d'organismes, la production de biomasse (culture ou collecte), la séparation de la biomasse et de l'eau, le recyclage de l'eau, le bioraffinage, la qualification et le développement de molécules d'intérêts. Les produits issus de cette chaîne de valeur s'adressent à différents marchés : l'énergie, l'environnement, la cosmétique, l'agroalimentaire et la santé.

Un des objectifs économiques majeurs est la conception et l'optimisation de procédés.

Les principaux défis à relever concernent :

- L'exploration et l'exploitation de la biodiversité et ses fonctionnalités,
- La valorisation de l'ensemble de la biomasse (bioraffinage),
- La maîtrise des coûts de production,
- La valorisation des effluents,
- Le recyclage de l'eau : minimisation de l'impact environnemental,
- L'acceptabilité des nouveaux usages et des nouveaux produits,
- La complexification et le durcissement de la réglementation,
- Les conflits d'usages pour l'accès aux espaces.

CHAÎNE DE VALEUR : PRODUCTION EN MASSE ET VALORISATION DE LA BIOMASSE

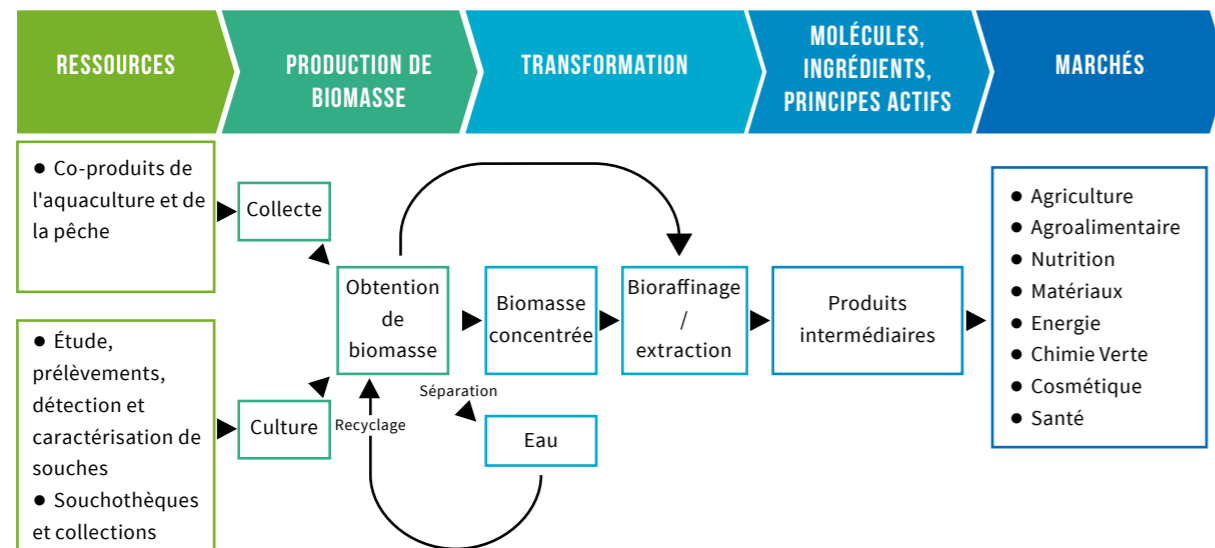


Figure 10 : Chaîne de valeur des biotechnologies marines pour les aspects liés à la valorisation économique

Les marchés

Les domaines d'applications sont nombreux : la cosmétique, l'agroalimentaire et la nutrition, mais aussi la santé, l'agriculture, les matériaux, la chimie verte et enfin l'énergie.

Les marchés de la cosmétique, de l'agroalimentaire et de la nutrition sont les plus matures. Ils connaissent une croissance annuelle à deux chiffres liée à l'engouement actuel pour les ingrédients d'origine naturelle. Notons que le marché de la nutrition s'oriente de plus en plus vers le segment des aliments santé pour relever le défi d'un « vivre longtemps en meilleure santé ».

Le marché de la santé est encore au stade *early stage*. Ce marché s'intéresse à deux approches : (1) considérer l'organisme marin comme « usine cellulaire » pour produire des molécules d'intérêt (protéines, vaccins, etc.) ou (2) extraire de la biomasse marine des molécules (pigments, métabolites secondaires, polymères tels que les exopolysaccharides, etc.) pour des cibles telles que la lutte contre le cancer, la réparation tissulaire, la réduction de l'obésité, la lutte contre les maladies neurodégénératives, et les maladies infectieuses, etc.

Enfin, les marchés de l'énergie et de la chimie verte sont émergents, mais extrêmement prometteurs pour le long terme. Il n'existe pas encore de produit sur le marché, mais les programmes de R&D sont importants sur ces sujets (biocarburant de 3^{ème} génération, bio-bitume, plastique biodégradable, traitement des effluents, etc.). Le marché de l'agrofourmure est à une phase plus avancée avec des produits déjà sur le marché.

Tous ces marchés ont pour objectif de tirer plus de valeur ajoutée des produits, de trouver des modèles économiques et éco-efficients, de relever le challenge de produire de grands volumes à plus faibles coûts. Dans certains cas, cette rentabilité ne pourra être atteinte que par la mise en œuvre d'une démarche de **bioraffinerie** permettant de valoriser l'ensemble de la biomasse produite ou prélevée. Les biotechnologies marines associées aux bioprocédés peuvent ainsi contribuer à la mise en place d'une véritable écologie industrielle visant à produire une biomasse valorisable tout en diminuant les rejets de CO₂ industriel, d'azote, de phosphore et de chaleur fatale.

ANALYSE SWOT TRANSFERT

ATOUTS	FAIBLESSES
<ul style="list-style-type: none"> • 124 entreprises, PME innovantes et créatrices d'emplois, à fort potentiel de croissance • Présence forte de laboratoires de recherche et de plates-formes technologiques travaillant avec les entreprises, • Réseau d'acteurs sur toute la chaîne de valeur • Forte dynamique en protection industrielle depuis 2007 dans la recherche académique. • Marchés porteurs Agri/Agro, Cosmétique, Santé, Environnement, Matériaux, Energie... • Présence de structures de transferts de technologies • Présence de pôles de compétitivité interrégionaux : Pôle Mer Bretagne Atlantique, Atlanpole Biotherapies, Valorial, Images et Réseaux • Disponibilité de Ressources locales disponibles (vertébrés, invertébrés, végétaux) et pouvant être valorisées . • Présence de Centres de Ressources Biologiques 	<ul style="list-style-type: none"> • Capacité de bioproduction encore modeste: production en petits volumes et peu industrialisée • Beaucoup de TPE (<10), peu d'ETI • Fonds d'investissements peu mobilisés sur les bioressources marines • Nombreuses barrières réglementaires (environnementales, administratives,...) pour la production • Trop faible participation des entreprises dans les projets européens et internationaux, manque d'interactions labos-entreprises locales • Nombre restreint d'entreprises déposant des brevets
OPPORTUNITÉS	MENACES
<ul style="list-style-type: none"> • Défis sociétaux du programme Horizon 2020 • Forte impulsion de l'Etat pour le développement des biotechnologies • Stratégies régionales fortes de soutien au développement des biotechnologies • Biomasse marine, une alternative à la biomasse alimentaire, • Forte demande du marché pour des produits d'origine naturelle biosourcés, • Exigences réglementaires accrues sur les critères de traçabilité et de qualité des produits • Fort besoin dans le stockage et la valorisation des données biologiques et compétences dans l'Ouest pour pouvoir y répondre (expertise TIC et bioinformatique) • Exigences réglementaires accrues sur les critères de qualité des produits (absence de contaminants) : opportunité pour les sociétés de bioservices 	<ul style="list-style-type: none"> • Développement d'outils de bioproduction ou de bioraffinerie sur d'autres territoires • Difficile mobilisation des capitaux privés en France • Désaffection des étudiants dans les filières scientifiques : perte de compétitivité des établissements, risque de difficulté de recrutement pour les entreprises. Incertitude sur la protection des inventions en biotechnologie aux USA

D'après la Stratégie Régionale de Développement Economique, d'Innovation et d'Internationalisation (SRDEIII) de la région Bretagne et la commission Végétal, Agro-alimentaire, Mer (VAM) du CRRDT de la région des Pays de la Loire.

Lyophilisat et microalgues © Nicolas Job / HEOSmarine



Pilote d'ultrafiltration © Nicolas Job / HEOSmarine



CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

LE GRAND OUEST, UN VIVIER DE COMPÉTENCES POUR LES BIOTECHNOLOGIES MARINES

Les régions Bretagne et Pays de la Loire sont des régions maritimes qui cumulent plus de 3000 km de côtes et disposent de nombreux atouts pour constituer dans le Grand Ouest, un pôle de compétences majeur en biotechnologies marines : des laboratoires de recherche et des formations universitaires en biologie marine et en ingénierie de grande qualité et reconnus au niveau international, une dynamique très forte de transfert technologique, ainsi qu'un tissu industriel dynamique et diversifié (PME, ETI, grandes entreprises). Le Grand Ouest bénéficie d'un réseau de plus de 120 entreprises qui disposent d'un écosystème qui se structure à l'inter-région (SATT, GIS Europole Mer, ID2Santé, CBB Capbiotek, Atlanpole Blue Cluster, Pôles de compétitivité Mer Bretagne Atlantique, Valorial, Atlanpole Biothérapie...) et favorise leur développement.

Les biotechnologies marines figurent parmi les domaines d'innovation stratégiques de la Stratégie de Soutien à l'Innovation (S3) des deux Régions Bretagne et Pays de la Loire.

En dépit de ces atouts les biotechnologies marines souffrent encore d'un manque de visibilité et de soutien que ce soit au niveau du Grand Ouest (quasi absence de dispositifs inter-régionaux) ou au niveau national (lobbying au niveau européen et traduction programmatique), et pourraient avantageusement bénéficier d'une meilleure mise en cohérence inter-régionale et d'une plus grande synergie des acteurs.

COMMUNICATION

Elaborer une vraie stratégie de communication, concertée, partagée, mutualisée, et offensive

Actuellement de nombreux événements sont organisés dans les deux régions sur le thème des biotechnologies marines. La multiplicité de ces événements tend à diluer le message et à fragmenter les publics qui y participent. Sans pour autant ne faire qu'un seul événement, il serait souhaitable d'avoir une réflexion inter-régionale sur ce sujet. Par exemple, le Forum Blue Cluster, qui a été organisé pendant 4 ans par les Pays de la Loire, dont 3 sessions en partenariat avec le Pôle Mer Bretagne Atlantique, pourrait se faire alternativement dans les deux régions. On peut ainsi concevoir un événement phare, bi-régional et d'envergure internationale qui tournerait sur les territoires et qui autant que possible pourrait intégrer des événements existants. Ce type d'événement régulier et bien identifié serait une vitrine des biotechnologies marines dans le Grand Ouest et permettrait de créer du lien entre tous les acteurs du domaine. La réflexion pourrait être étendue à d'autres manifestations récurrentes en Bretagne pouvant s'étendre aux Pays de la Loire. Il s'agit aussi de faire du Grand Ouest un territoire attractif pour l'accueil de congrès de renom, nationaux ou internationaux sur les biotechnologies marines (ex. congrès national de la Société Française du Génie des Procédés, Alg'n'Chem, Conférence de l'International Society for Applied Psychology 2017-ISEP, etc.).

Elaborer une brochure

...(français et anglais) qui présente les différents volets (Recherche, Formation et Transfert) des biotechnologies marines et la mettre à jour régulièrement.

RECOMMANDATIONS

1. Rationaliser et harmoniser les événements autour des biotechnologies marines
2. Elaborer une brochure qui présente le paysage des biotechnologies marines

RECHERCHE

La tendance actuelle est de favoriser les projets portant sur des aspects aval/appliqués à court terme et de déconnecter le développement des connaissances du potentiel d'innovation biotechnologique. Il est indispensable de construire et de maintenir un cercle vertueux / continuum entre la recherche fondamentale et la recherche appliquée si on ne veut pas tarir à moyen terme le réservoir de découvertes et fragmenter la chaîne de valeurs. En effet, la recherche appliquée, celle permettant le transfert vers le milieu économique et le développement des territoires, ne peut être pertinente et de qualité, que si elle a pu en amont bénéficier des travaux de recherche fondamentale. Celle-ci nécessite donc que les moyens soient maintenus sinon renforcés. Les recherches méthodologiques aux interfaces des champs disciplinaires traditionnels devraient également être renforcés.

RECOMMANDATIONS

1. Maintenir un soutien financier durable aux projets de recherche en biologie et écologie marine
2. Soutenir des programmes inter-régionaux Bretagne / Pays de la Loire
3. Soutenir le développement de plates-formes technologiques (omiques et criblages) qui font de la recherche et développement
4. Soutenir le développement des Centres de Ressources Biologiques dans le domaine marin afin de garantir la mise en accès des organismes et d'améliorer les compétences en culture de ces organismes
5. Soutenir le développement de démonstrateurs qui permettent le changement d'échelle et les études pilotes en amont des projets industriels qui sont une étape clef de la sécurisation de la production de la biomasse et de son raffinage
6. Soutenir le financement des preuves de concept, sur la durée (éviter le fractionnement)

FORMATION INITIALE ET CONTINUE

Le volet formation constitue un maillon clé pour conforter la place des territoires bretons et ligériens parmi les grands centres européens et mondiaux en biotechnologies marines. Un autodiagnostic doit être réalisé pour améliorer la visibilité des formations en biotechnologies marines auprès des entreprises et attirer les jeunes vers les nouveaux métiers liés à ce secteur d'activité. Des recommandations sont proposées dans ce document et elles seront assorties de deux actions prioritaires. Enfin, des projets existent et une réflexion est engagée autour de la création de nouvelles formations de type « Masters Internationaux » avec des cours dispensés en anglais, qui privilégieront la mutualisation avec des formations de niveau Master au Brésil, en Norvège, en Irlande, au Danemark et au Québec. L'objectif est de mettre en place de nouveaux réseaux d'écoles et d'universités entre les pays leaders au niveau mondial dans le domaine des biotechnologies marines. Une importance particulière sera donnée 1) aux nouvelles pratiques pédagogiques intégrant les Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Enseignement (TICE) telles que le développement d'espaces numériques d'apprentissage, de plates-formes d'apprentissage en ligne (Learning Management System), et 2) à un renforcement du dispositif de professeur invité au sein des universités et à la création de chaires internationales pour une meilleure articulation formation-recherche sur des thématiques innovantes.

RECOMMANDATIONS

1. Identifier les compétences requises à chaque maillon de la chaîne de valeur, « de l'idée aux marchés » pour proposer une offre de formation sur l'ensemble de cette chaîne de valeur, de la ressource à l'expérimentation en passant par l'industrialisation et la commercialisation
2. Améliorer la visibilité de l'offre de formation en biotechnologies marines par la création d'un annuaire inter-régional des Formations/Compétences & Métiers en relation avec les biotechnologies marines
3. Développer l'interdisciplinarité dans l'offre de formation pour connecter efficacement le secteur des sciences marines avec la santé, l'agroalimentaire, les STIC, les SHS, et l'environnement

4. Développer des cours avec un public mixte : étudiants en formation initiale et professionnels en formation continue pour stimuler les échanges et le partage de connaissances

5. Renforcer par la formation les compétences et expertises des acteurs du système d'interface et de transfert de technologies pour un ressourcement et une mise à niveau de leurs compétences

6. Encourager l'implication des entrepreneurs dans l'orientation des cursus de formation via une participation aux Conseils de perfectionnement et dans les activités d'enseignement

7. Organiser des modules de formation continue co-construits entre académiques et industriels

TRANSFERT

Pour différencier les projets d'innovations en biotechnologies marines, il est désormais nécessaire d'aller plus loin que dans les années 2000-2005 où un projet d'innovation dans les biotechnologies marines pouvait *de facto* être considéré comme innovant de par son originalité et l'émergence de ces travaux. Aujourd'hui les projets visant à développer les connaissances, comprendre les mécanismes et les différentes formes de valorisation sont plus nombreux sur les biotechnologies marines. Il faut donc être plus précis sur les critères d'innovation qui vont porter soit sur la découverte de nouveaux actifs, de nouvelles fonctionnalités, de nouveaux procédés sur toutes les phases de transformation, de nouvelles voies de valorisation sur les marchés déjà bien connus ou nouveaux et émergents. Pour bien accompagner l'innovation sur ces domaines, la Commission européenne utilise dans le cadre d'Horizon 2020 une échelle de positionnement des travaux R/D/I : le TRL ou Technology Readiness Level (en français : Niveau de Maturité Technologique). Pour bien comprendre le niveau de recherche-développement des projets par rapport à l'état des connaissances et des développements (que ce soit au niveau de la recherche ou du développement industriel), il s'agit donc de pouvoir « placer le curseur » selon le niveau de maturité des travaux proposés dans le cadre d'un projet particulier. Cette échelle de degrés permet de comprendre à quel niveau se situe les travaux de Recherche-Développement-Innovation dans un projet. Ceci permet aussi de mieux

expliciter la notion de preuve de concept permettant de franchir l'étape de la maturation du laboratoire vers le changement d'échelle pré-industrielle.

Ces projets seront ensuite candidats à des sources de financement différentes. Dans le cadre des appels à projet Horizon2020, la Commission européenne précise le niveau de travaux R-D-I attendus dans les projets lauréats. Pour les financeurs publics, ce critère peut aussi permettre une meilleure orientation entre des projets encore amont et d'autres plus aval (ANR-Bpifrance-Collectivités et autres agences nationales Ademe, etc.).

Il est désormais urgent que l'ensemble des décideurs (publics et privés) prennent bien la mesure du potentiel des biotechnologies bleues dans le Grand Ouest mais également au niveau national en inventant des nouveaux modèles d'accompagnement des différentes phases du TRL pour les biotechnologies marines (plus particulièrement entre les phases 4 et 8 : technology development ► technology demonstration ► system development).

Pour répondre aux besoins des marchés, il demeure indispensable de doter le territoire du Grand Ouest :

- d'outils de bioproduction et de démonstrateurs à grande échelle (exemple d'AlgoSolis),
- d'outils de bioraffinerie.

Pour accroître la visibilité et l'attractivité de notre territoire en matière de biotechnologies bleues, il sera nécessaire d'envisager la construction de bioparcs (clusters) dédiés aux biotechnologies bleues, regroupant sur un même lieu les activités de recherche, formation et de transfert.

RECOMMANDATIONS

1. Doter le territoire d'un projet fédérateur fort sur le modèle du démonstrateur pré-industriel Toulouse White Biotechnologie (TWB) ou du projet PIVERT (Picardie Innovations Végétales, Enseignements et Recherches Technologiques) pour la chimie du végétal à Compiègne
2. Soutenir la réalisation d'études de marché dans les différents domaines d'application concernés et en intégrant le concept de bioraffinerie
3. Elaborer une stratégie nationale de développement des activités de biotechnologies marines
4. Faciliter l'implantation de laboratoires publics privés
5. Profiter de l'attractivité des forces de recherche du territoire du Grand Ouest (Connect Talent en région des Pays de la Loire ; négociation de CPER ; exemple des labos santé à Nantes, exemple à l'étranger : CRBM- CQVB à Québec, étude de cas au Japon)
6. Accompagner les implantations industrielles dans une logique d'exploitation durable de la biomasse
7. Accompagner et informer les acteurs des évolutions de la réglementation (application du protocole de Nagoya)



© GEPEA

Annexe 1

LES PLATES-FORMES DE BIOGENOUEST

<http://www.biogenouest.org>

Les plates-formes de Biogenouest sont regroupées en 6 axes technologiques :

- L'axe **Génomique** est organisé sur 4 plates-formes : Génomique Nantes, Génomique environnementale et fonctionnelle (Rennes), Génomique santé (Rennes) et Genomer (Roscoff)
- L'axe **Protéomique** comporte 2 plates-formes : Plate-forme Protéomique Biogenouest (Rennes), Interactions moléculaires puces activités (IMPACT) (Nantes)
- L'axe **Exploration fonctionnelle** regroupe 11 plates-formes technologiques dans 3 sous-axes :
 - 1. Vectorisation virale et non virale : Production de vecteurs viraux pré-cliniques (Nantes), Production de vecteurs de synthèse (SynNanoVect) (Brest et Rennes)
 - 2. Transgénèse et modèles animaux : Transgénèse Xénopes (Rennes), Transgénèse Rat (Nantes), Laboratoire des grands animaux (LGA) (Nantes)
 - 3. Criblage et analyses fonctionnelles : Cardiex (Nantes), Imagerie pour analyse du contenu cellulaire (ImpACcell) (Rennes), Biodimar (Brest), KISSf (Roscoff), CHEM-Symbiose (Nantes), iPSC (Nantes)
- L'axe **Bio-imagerie** regroupe 9 plates-formes : Microscopy Rennes imaging center (MRic) (Rennes), Imagerie fonctionnelle (PRISM) (Rennes), Histopathologie (H2P2) (Rennes), MicroPICell (Nantes), Cyclotron Arronax (Nantes), Plate-forme d'imagerie et de neuroinformatique (Neurinfo) (Rennes), Cytogénétique moléculaire (Le Rheu), Apex (Nantes), Merimage (Roscoff)
- L'axe **Analyse structurale et métabolomique** intègre les plates-formes « Biopolymères, biologie structurale » (BIBS) (Nantes) et « Analyses métaboliques et métabolomique » (Corsaire) répartie sur Brest, Rennes, Nantes et Angers et la plate-forme Phenotic (Angers)
- L'axe **Bio-informatique** se compose de 3 plates-formes : GenOuest (Rennes), BiRD (Nantes) et ABiMS (Roscoff).

LES CENTRES DE RESSOURCES BIOLOGIQUES

CENTRE DE RESSOURCES BIOLOGIQUES MARINES (CRBM)

- Nom du responsable : Ian PROBERT
- Adresse : Station Biologique de Roscoff - Place Georges Teissier - 29682 Roscoff
- Tutelle administrative : CNRS / Université Pierre et Marie Curie (UPMC)
- Site Web : www.sb-roscoff.fr/centre-de-ressources-marines.html
- Labellisation IBISA pour la partie collection de cultures de microorganismes (Roscoff Culture Collection)
- Type de ressource(s) biologique(s) hébergée(s) : Le CRBM comprend 2 services de fourniture :
 - La Collection de Cultures de Roscoff (RCC) fournissant l'accès aux cultures d'organismes unicellulaires (microalgues, bactéries, virus)
 - Le service Modèles Biologiques (ModBio) fournissant des macroorganismes (animaux, macroalgues) à partir de stocks cultivés ou sauvages.
- Conditions techniques de conservation, d'isolement : aquarium de recherche (eau de mer non-filtrée ou filtrée avec contrôle de température / circuit ouvert / circuit fermé / traitement des rejets), salles et armoires de culture climatisées, cryopréservation (azote liquide / congélateur -150°C)
- Fonctionnement :
 - Conditions d'accès, règles et contraintes : accès ouvert pour la recherche et l'enseignement interne et externe (France & international) pour les espèces / souches dans les catalogues. Contrats au cas par cas pour la recherche privée.
 - Services pris en charge par la structure : Fourniture d'organismes (vivants / fixés), mise à disposition d'aquariums, service R&D
 - Contraintes et nécessités pour le pourvoyeur et le demandeur : établissement d'un Material Transfer Agreement (MTA).
- Le CRBM fait partie du réseau ESFRI de stations marines EMBRC-Europe (European Marine Biological Resource Centre), du Projet Investissement d'Avenir EMBRC-France (3 stations marines UPMC/CNRS :

Station Biologique de Roscoff, Observatoire Océanologique de Banyuls/Mer, Observatoire Océanologique de Villefranche/Mer).

UBO CULTURE COLLECTION (UBOCC)

- Adresse : UBOCC-ESIAB - Technopôle Brest Iroise - 29280 Plouzané
- Nom du responsable : Amélie WEILL
 - Responsable technique pour les souches de bactéries et d'archées issues d'échantillons marins d'environnements extrêmes : Nadège Quintin
 - Responsable technique pour les souches pures de moisissures, levures, bactéries mésophiles issues d'environnements naturel, agricole et industriel : Amélie Weill
- Tutelle administrative : Université de Bretagne Occidentale (UBO)
- Site Web : www.univ-brest.fr/ubocc
- L'UBOCC est rattachée au Laboratoire de microbiologie des environnements extrêmes (LM2E / UMR6197) et au Laboratoire universitaire de biodiversité et écologie microbienne (LUBEM / EA3882)
- Type de ressource(s) biologique(s) hébergée(s) :
 - Souches pures de moisissures, levures, bactéries mésophiles issues d'environnements naturel, agricole et industriel
 - Souches de bactéries et d'archées issues d'échantillons marins d'environnements extrêmes
- Conditions techniques de conservation, d'isolement :
 - Conservation à 80°C en cryotubes en doublon et sur deux lieux de stockage différents
 - Lyophilisation des champignons
 - Entretien en culture sans fin à température ambiante ou à 4°C
- Fonctionnement :
 - Conditions d'accès, règles et contraintes : Distribution de souches de la partie ouverte des col-

lections sur demande écrite via le site web, selon un tarif dépendant de la structure d'appartenance du demandeur

- Niveau d'ouverture : La collection est ouverte pour le dépôt aux industriels et laboratoires de recherche, pour la distribution des souches de la partie ouverte aux demandes crédibles qui arrivent via le site web
- Services pris en charge par la structure : Mise en collection et fourniture de souches pures ou d'isolats issus d'échantillons marins d'environnements extrêmes
- Contraintes et nécessités pour le pourvoyeur et le demandeur : Fournir les renseignements requis par la collection (selon formulaires) et payer le service rendu pour les déposants hors UBO, en particulier industriels et pour les demandeurs de souches
 - Conditions financières :
 - Financement de la collection en tant que Service Commun par le BQR (Bonus Qualité Recherche) de l'UBO.
 - Pour la diffusion de souches hors UBO : Tarif entreprise : 60€ - Tarif universitaire : 40 €.

SOUCHOTHÈQUE DE BACTÉRIES PATHOGÈNES D'ESPÈCES MARINES D'INTÉRÊT AQUACOLE

- Adresse : Ifremer - Avenue de mus du Loup - 17390 La Tremblade. La souchothèque est également au centre Ifremer de Brest et au LEMAR (CNRS / UBO)
- Nom du responsable : Marie-Agnès TRAVERS
- Tutelle administrative : Ifremer
- Site Web : www.ifremer.fr/crb
- Type de ressource(s) biologique(s) hébergée(s) : Bactéries marines du genre Vibrio
- Conditions techniques de conservation, d'isolement : Stockage à 80° C en Zobellglycérol sur 3 sites
- Fonctionnement :
 - Conditions d'accès, règles et contraintes : demande de souches via internet. Accès libre à la communauté scientifique.
 - Services pris en charge par la structure : repiquage régulier et envoi des souches Contraintes et nécessités pour le pourvoyeur et le demandeur : Pour un envoi simple de souches, seuls les frais d'envois sont facturés. Les demandes de caractères phénotypiques, par contre, seront facturées. La question de clauses restrictives à l'utilisation de

la souche reçue n'est pas tranchée. Au minimum, il pourrait s'agir de clauses de non vente ou distribution à des tiers.

- Mode de participation financière : frais d'envoi.

NANTES CULTURE COLLECTION (NCC)

- Adresse : UFR des Sciences et Techniques de Nantes - 2, rue de la Houssinière - 44322 Nantes Cedex. La NCC est hébergée par le laboratoire Mer, Molécules, Santé (EA 2160) au sein de l'équipe « Réseaux trophiques et contaminants en milieux marins côtiers et estuariens »
- Nom du responsable : Vona MELEDER
 - Responsable administratif : Yves-François POUCHUS
 - Responsable technique : Vona MELEDER
- Tutelle administrative : Université de Nantes
- Type de ressource(s) biologique(s) hébergée(s) : La NCC est une algorithme hébergeant des micro-algues. Ce sont majoritairement des Diatomées benthiques de la façade Atlantique. La moitié des souches appartient au genre Haslea (micro-algue produisant un pigment bleu, la marennine).
- Conditions techniques de conservation, d'isolement : L'isolement des souches se fait à partir de peuplements naturels échantillonnés sur le terrain (vasières littorales, estuariennes, claires, etc.). Les souches isolées sont conservées en chambre de culture thermostatée (16°C) avec un cycle diurne (14 h de jour / 10 h de nuit) sur 150 ml de milieu liquide (eau de mer enrichie en éléments nutritifs = milieu F/2 de Guillard). Un repiquage de la collection est fait toutes les 5 semaines.
- Fonctionnement :
 - Conditions d'accès, règles et contraintes : Toute personne souhaitant acquérir une souche de la NCC doit en faire la demande auprès de Vona Méléder. En dehors du genre Haslea, le transfert de matériel biologique se fait par la mise en place d'un accord de transfert (MTA), établi par la cellule de valorisation de l'Université de Nantes. Cet accord, entre le demandeur et le pourvoyeur est discuté avant signature, afin que chaque partie soit protégée, tout en permettant des activités de R&D. En ce qui concerne le genre Haslea, qui est un modèle à fort potentiel économique et très étudié au sein de la NCC, toute demande est présentée au Comité de Pilotage de la NCC afin de décider de façon collégiale la suite à donner à cette demande. Si la demande est acceptée, elle fera également l'objet d'un MTA.
 - Niveau d'ouverture : Académique, industries

privée et publique, associations, etc.

- Services pris en charge par la structure : Four-niture de souches, de milieux de cultures. Mise en place de culture en petits, moyens et grands volumes (600 L). Production de pâte d'algue et d'extraits d'algue. En collaboration avec les autres équipes de MMS (et des collaborations extérieures) : recherche d'activités biologiques, recherche de métabolites d'intérêt.

- Conditions financières : Le transfert de souches et/ou produits dérivés se fait en échange d'une participation financière, indiquée sur le MTA sauf si une collaboration scientifique est établie (projet de recherche commun). Les souches sont transmises sans demande de participation financière si elles sont utilisées dans le cadre de l'enseignement (secondaire et supérieur). Tarif différentiel :

- Le tarif de la souche dépend de son originalité et de sa difficulté (ou non) à être conservée.
- Le tarif des produits dérivés dépend des techniques mises en œuvre pour son obtention et du temps consacré.
- Avant toute signature du MTA, le tarif est proposé au demandeur.

SOUCHOTHÈQUE FONGIQUE MARINE (COLLECTION)

- Nom du responsable : Pr Yves-François POUCHUS
 - Responsable administratif : Nicolas RUIZ
 - Responsable technique : Thibaut ROBIOU DU PONT
- Adresse : Laboratoire Mer, Molécules, Santé (MMS) - Bâtiment ISOMer - UFR Sciences - 2 rue de la Housinière - BP 92208 - 44322 Nantes Cedex 3
- Tutelle administrative : Université de Nantes
- Type de ressource(s) biologique(s) hébergée(s) : Champignons filamenteux d'origine marine
- Conditions techniques de conservation, d'isolement : huile de paraffine et congélation. Isolement direct à partir de prélèvements de sédiments et d'organismes marins (bivalves).
- La collection est principalement utilisée en interne sur les thématiques propres au laboratoire. Certaines souches font l'objet de collaboration avec des partenaires privés. La valorisation de la collection se fait au cas par cas, par le biais de mise en place de programmes de recherche, de partenariats privés avec des bourses CIFRE, etc.

CRYOAQUA, CRYOBANQUE POUR LES ESPÈCES AQUACOLES (POISSONS, MOLLUSQUES ...)

- Adresse: Creavia - Les Landes de la Rencontre - 35 Saint Aubin du Cormier
- Nom des responsables : Gildas MICHEL (Creavia), Catherine LABBE (INRA), Pierrick HAFFRAY (Sysaaf), Marc SUQUET (Ifremer)
 - Responsable technique : Alain LEMARCHAND
- Tutelle administrative : Creavia (coopérative d'insémination privée) / Inra / Ifremer / Sysaaf (Syndicat d'éleveurs aquacoles) / Cryobanque Nationale (CbN) (GIS IBISA)
- Site Web pour la composante Cryobanque Nationale :
 - 🏠 www.cryobanque.org
- Labellisation IBISA pour la composante Cryobanque Nationale
- Type de ressource(s) biologique(s) hébergée(s) : Sperme, cellules embryonnaires et somatiques d'espèces aquacoles (truite, bar daurade, turbot, huître ...). Les sites d'où sont issues les ressources doivent disposer d'un agrément sanitaire (non porteur des maladies réglementaires)
- Conditions techniques de conservation, d'isolement : Azote liquide, paillettes
- Fonctionnement :
 - Conditions d'accès, règles et contraintes : Accès contrôlé restreint.
 - Niveau d'ouverture : ressources non ouvertes, sauf celles de la Cryobanque Nationale, mais tout le monde peut devenir déposant.
 - Services pris en charge par la structure : congélation des cellules, stockage en azote liquide, envoi des collections à la demande du propriétaire (= déposant).
 - Contraintes et nécessités pour le pourvoyeur et le demandeur : Contrat de prestation signé entre Créavia et le déposant. Règlementation sur le statut sanitaire de l'élevage d'origine. Les demandes de retrait de ressources publiques se font via la Cryobanque Nationale.
 - Démarche à suivre pour le demandeur : Toute personne ayant besoin d'un service de congélation et/ou de stockage peut contacter directement le responsable Gildas Michel. Toute personne ayant besoin des ressources conservées à la Cryobanque Nationale doit suivre la procédure mentionnée sur le site de la CbN (<http://www.cryobanque.org/>)
 - Conditions financières : Facturation des services de congélation, stockage, envoi de collections par Créavia (devis, grille tarifaire disponible auprès

de Gildas Michel). Tarif unique quel que soit le déposant (public ou privé).

La composante Cryobanque Nationale fonctionne dans le réseau du Programme d'Investissement d'Avenir CRB Anim.

Cette cryobanque possède un statut complexe destiné à pourvoir un service de congélation et stockage pour des déposants, chaque déposant pouvant être un laboratoire de recherche privée ou publique, une entreprise privée, la Cryobanque Nationale (CryoAqua est site miroir de la CbN). Sa limitation est le statut sanitaire de l'élevage du déposant. La diffusion des collections présentes dans la composante CbN (seule composante à caractère patrimonial et public de la structure) n'est pas encore effective, sa mise en place prévue dans le cadre de CRB Animal.

ANIMALERIE UNITÉ PATHOLOGIE VIRALE DES POISSONS

- Adresse : Unité de pathologie virale des poissons (UPVP) - Technopole Brest Iroise - BP70 - 29280 Plouzané
- Nom du responsable : Thierry MORIN
 - Responsable administratif : Benoît CHARVET
 - Responsable technique : Morgane DANION
- Tutelle administrative : Anses, Laboratoire de Ploufragan-Plouzané
- Sites Web : site général :
 - 🏠 www.anses.fr
 - et site de l'unité :
 - 🏠 www.ploufragan.afssa.fr/organisation/upvp.htm
- L'animalerie est adossée à l'activité de Laboratoire National de Référence (LNR) pour les maladies réglementées des poissons de l'unité et à ses activités de recherche en virologie piscicole et écotoxicologie.
- Agrément et certifications : agrément n° C29-212-3 - Préfecture du Finistère
- Type de ressource(s) biologique(s) hébergée(s) : Poissons d'eau douce ou d'eau de mer
- Conditions techniques de conservation, d'isolement : Elevage indemne de truites arc en ciel (TAC) ; 3 salles expérimentales dédiées aux contaminations biologiques ; 2 salles expérimentales dédiées aux contaminations chimiques ; 1 salle pour la reproduction des TAC. Alimentation en continu en eau douce ou de mer avec possibilité de thermorégulation. Traitement adapté des effluents : chloration pour agents biologiques (ozoneur en cours d'installation) et charbon actif pour agents Chimiques

- Fonctionnement :
 - Conditions d'accès, règles et contraintes : Accès réglementé aux personnels autorisés. Personnel intervenant sur les élevages sains et les élevages en expérimentation biologique distinct. Changement de blouses à l'entrée de chaque salle expérimentale. Pédiluve et désinfection des mains.
 - Niveau d'ouverture : Accès réservé au personnel de l'unité. Intervention ponctuelle possible de personnel extérieur dans le cadre de conventions. Collaborations possibles sur les deux axes prioritaires de l'unité : virologie piscicole et écotoxicologie. Etude également des sollicitations sur des thématiques plus larges répondant à des problématiques de la filière piscicole (exemples : sélection génétique, évaluation des propriétés immunostimulantes d'aliments, etc.)
 - Services pris en charge par la structure : Contaminations expérimentales avec des agents biologiques piscicoles (virus, bactéries) ou chimiques (pesticides, etc.). Dans le cadre des activités de référence, possibilité de recueillir des animaux potentiellement infectés avec un agent biologique pour surveillance et diagnostic.
 - Contraintes et nécessités pour le pourvoyeur et le demandeur : Toutes les expérimentations réalisées à des fins de recherche font l'objet d'une autorisation du comité d'éthique ComEth.
 - Conditions financières : Convention de recherche ou de prestation. Tarif différentiel.

CARTOGRAPHIE DES PROGRAMMES EN COURS 2013-2015

Type de projet [2009-2014]	Type du projet (exple fp7 kbbe, anr, cbb etc)	Dates	Porteur de projet (labo, chercheur)	Porteur Bretagne / Pays de la Loire	Montant du projet (budget global) * budget pour le labo	Nbre de partenaires	Titre du projet	Partenaires industriels oui/non
ERA-NET	FP7-IB Industrial Biotechnology	2013-2017	CSIC, ES	SBR-LBI2M	147k€ *	8	FIBERFUEL	Oui
EU	FP7 NMP	2013-2017	CSIC, ES	SBR-LBI2M	4M€	9	CELLULOSOMEPLUS	
EU	FP7 KBBE	2009-2013	Münster Uni, DE	SBR-LBI2M	730k€ *	15	PolyMODE	Oui
EU	FP7 KBBE	2012-2016	NiOZ, NL	SBR-AD2M, IUEM-LM2E	9 M€	23	MACUMBA	Oui
EU	FP7 KBBE	2009-2013	Bangor University, UK	IUEM-LM2E	2,8M€	11	MAMBA	Oui
EU	FP7-KBBE	2010-2014	IFREMER Plouzané	IFREMER	700k€ *	12	REPROSEED	Oui
EU	FP7-KBBE	2011-2013	Université Ben Gourion, Israël	MMS	5.6 M€		GIAVAP	Non
EU	FP7 KBBE	2010-2014	Danmarks Tekniske Universitet (DTU)	IFREMER	91k€	12	PRO-EEL	Oui
EU	FP7 PEOPLE ITN	2012-2016	Aberdeen University O. EBENHOEH	GEPEA	4,03 M€	10	ACCLIPHOT	Oui
EU	FP7 PEOPLE	2011-2015	MMS,	UBS-LBCM	185 k€	8	BIOVADIA	
EU	FP7 PEOPLE IRSES	2010-2014	Univ Mainz, DE	MNHN	680 k€	3	MARBIOTEC EU-CN	
EU	FP7-PEOPLE-IRSES	2011-2014	Univ Le Mans		186 k€	4	BIOVADIA	Non
EU	FP 7 PEOPLE Marie Curie	2014-2016	SBR-USR 3150		279k€ *	3	IOP OCEAN CHARCOT	Non
EU	FP7 Infrastructures	2011-2014	SZN Italy	SBR-FR2424	3,88 M€	13	EMBRC-pp	Non
EU	FP7 ENV	2012-2015	Jakob University, Bremen, DE	SBR-AD2M	230 k€ *	32	MicroB3	Oui
EU	FP7 SME	2010/2013	CETMAR, ES		2,475 M€	16	OYSTERECOVER	Oui
EU	FP7 ERA-NET	2013-2017	RCN Norvège	SBR-FR2424	1,8 M€	19	MARINE BIOTECH	Non
EU	FP7 ERA-NET	2013-2016	IMR Bergen, Norvège	IUEM-LEMAR	2,17 M€	5	Seas-ERA INVASIVES	Non
EU	FP7 ESA	2013-2015	ESA	GEPEA	300 k€	2	MELISSA	Non
EU	Interreg Espace Atlantique	2012-2014	3B'S, Univ. Minho, Portugal	IUEM-LEMAR	2,06 M€	10	MARMED	Non
EU	INTERREG Espace Atlantique	2012-2014	CCDR-N, PT	IFREMER EM3B	2,25 M€	6	LABELFISH	Non
EU	Interreg Espace Atlantique	2009-2012	UBO	IUEM-LEMAR	2,3M€	12	BIOTECMAR	Oui
EU	INTERREG 2 seas	2012-2014	ILVO	IFREMER/ IUEM-LEMAR	3 M€	5	MICROPLASTICS	Non
EU	INTERREG 2 Seas	2012-2014	Brighton University, UK	EM3B, Ifremer	2,0 M€	4	Marine Biocare	Oui
EU	ESF-COST	2013-2015	Juan Asturiano, Valencia, Spain	INRA-LPGP	Réseau	35	Aquagamete	Non

Type de projet [2009-2014]	Type du projet (exple fp7 kbbe, anr, cbb etc)	Dates	Porteur de projet (labo, chercheur)	Porteur Bretagne / Pays de la Loire	Montant du projet (budget global) * budget pour le labo	Nbre de partenaires	Titre du projet	Partenaires industriels oui/non
EU	DCF	2011-2014	MNHN	IFREMER, UN	804 k€	7	Chondrychtien	Non
EU	FEP/Région	2013-2016	Ifremer EM3B	PARM Martinique		2	ECOSYP	Non
Autre International	ANR Blanc SVSE7 International	2014-2016	INRA LPGP UR1037, Y Guiguen		350 k€	2	PHYLOSEX	Non
NATIONAL	ANR Blanc SVE7	2012-2014	SBR-LBI2M		509 k€	4	Vibriogen	Non
NATIONAL	ANR Blanc SVE7	2014-2017	INRA LPGP UR1037		360 k€	5	Maternal Legacy	Non
NATIONAL	ANR Blanc SVE7	2011-2014	IUEM-LM2E		720 k€	5	Living deep	Non
National	ANR Blanc SIMI 9	2013-2015	EM3B-Ifremer		462 k€	3	IONIBIOGEL	Non
NATIONAL	ANR blanc SIMI 9	2011-2014	ENSIACET	GEPEA	730 k€	4	AlgoRaffinerie	Oui
NATIONAL	ANR JCJC SVSE 5	2011-2014	IUEM-LM2E		292 k€	1	Arch-Pol	Non
NATIONAL	ANR RIB	2007-2011	SBR-UMR 7139		472k€	3	Ulvoligo	Oui
NATIONAL	ANR RIB	2008-2011	Hemarina SA	SBR-UMR7144	857k€	4	HEMORGAN	Oui
NATIONAL	ANR CP2D	2008-2013	SBR-UMR 7139		511k€	6	CRAZY-POL	Oui
National	ANR ALIA	2010-2014	INRA Jouy en Josas	EM3B, Ifremer	703k€	10	ECOBIOPRO	Oui
National	ANR ALIA	2010-2014	Institut Pasteur Lille	IFREMER EM3B	1,848 M€	9	Fish-Parasites	Oui
NATIONAL	ANR CD2I	2013-2015	ARVAM CRT	UBS-LBCM	850 k€	6	Biopaintrop	Oui
NATIONAL	ANR Génomique	2011-2014	INRA LPGP UR1037		480 k€	5	Phylofish	Non
NATIONAL	ANR Bio-ME	2012-2015	PBA Ifremer		688k€	3	Facteur 4	
NATIONAL	ANR- BioME	2012-2015	GEPEA		1,03 M€	4	DiesAlg	Oui
NATIONAL	ANR-CESA	2013-2016	IUEM-LEMAR	Ifremer BPA	440k€	5	ACCUTOX	
NATIONAL	ANR- Bioénergies	2012-2015	GEPEA		5,0 M€	5	AlgoH2	Non
NATIONAL	ANR Agrobiosphère	2012-2016	IFREMER Brest	MMS	709 k€	10	GIGASSAT	Oui
NATIONAL	ANR SYSTERRA	2011-2013	Ifremer Port en Bessin	Ifremer, LEMAR, AMURE	977 k€	4	COMANCHE	Non
NATIONAL	ANR-EMERGENCE	2013-2015	GEPEA		234 k€	3	PRIAM	Non
NATIONAL	PIA Infrastructures	2013-2019	INRA, Jouy en Josas	IFREMER-LEMAR	11 M€	≈ 40 (8 équipes partenaires)	CRB Anim	Oui
NATIONAL	PIA Infrastructures	2012-2019	SBR-FR2424		16 M€	3	EMBRC-France	Non
NATIONAL	PIA Biotech & Bioressources	2013-2019	SBR -AD2M	SBR-FR2424	7 M€	12	OCEANOMICS	Oui
NATIONAL	PIA Biotech & Bioressources	2011-2020	SBR-LBI2M	Ifremer, UBS-LBCM, Agrocampus, UN, SBR-AD2M, SBR-FR2424	10 M€	18	IDEALG	Oui
NATIONAL	Coll. Industrielle	2011-2012	SBR-UMR7139		70 k€	2	oligo- algues	Oui
National	BPI-FUI	2012-2015	CITPPM	IFREMER EM3B	929 k€	6	IDThon	Non
NATIONAL	BPI-FUI	2013-	Séché Environnement.	IUML-GEPEA	4,9 M€	5	SYMBIO2	Oui
NATIONAL	BPI-FUI	2011-2014	Compagnie du Vent	Ifremer BPA	6,8 M€	11	Salinalgue	Oui
NATIONAL	BPI FUI - Pôle Mer	2013-2016	OLMIX	UBS-LBCM, IUEM-PF BioDimer	2,7 M€	5	VALORALG	Oui
NATIONAL	OSEO ISI ULVANS	2012-2015	AMADEITE	UBS-LBCM	26 M€	7	ULVAN	Oui
NATIONAL	programme INRIA,	2013-2015	INRIA	Ifremer BPA	2k€	6	Algae in silico	
NATIONAL		2014-2017	MNHN		20k€	4	PECMED	Oui
NATIONAL	MENESR (DCF)	2012-2014	MNHN		389k€	2	MISLABELLING	Non

Type de projet [2009-2014]	Type du projet (exple fp7 kbbe, anr, cbb etc)	Dates	Porteur de projet (labo, chercheur)	Porteur Bretagne / Pays de la Loire	Montant du projet (budget global) * budget pour le labo	Nbre de partenaires	Titre du projet	Partenaires industriels oui/non
NATIONAL		2013-2014	MNHN		5k€	7	DELIRE	Oui
NATIONAL	Coll. Industrielle	2008	SBR-UMR7139,		65k€	2	Enzymes/algues	Oui
NATIONAL	DGA/DGAC	2011-2016	IFPEN	IUEM-LEMAR + GEPEA	4,2M€	7	CAER	Oui
NATIONAL	National Programme Energie CNRS	2009-2012	Univ. Nantes	UBO-CEMCA UMR6521	150k€	3	LIPALG	Non
NATIONAL		2011-2013		IUEM-LEMAR		2	HALOSUBNAT	Non
NATIONAL	PSDR Grand Ouest	2008-2010	UNIV NANTES	UBO (F GUERARD)	430k€	20	Gestion Durable	Non
NATIONAL	Directive Cadre Eau - Masses d'Eau Côtieres et de Transition	2008-2013	ONEMA - Ifremer	IUEM-LEMAR	180k€ *	7	Développement d'outils pour l'évaluation de l'état écologique des masses d'eau - Expertise nationale - Intercalibration européenne	Non
NATIONAL	Rebent	2008-2013	IFREMER	IUEM-LEMAR	572k€ *	6	Etude des communautés de macroalgues intertidales.	Non
NATIONAL	ANRT-CIFRE	2012-2015	SBR-LBI2M		160k€	2	STIMALG	Oui
NATIONAL	ANRT-CIFRE	2007-2013	MMS -IUML		150k€		NESATA	Oui
NATIONAL	ANRT-CIFRE	2007-2010	SBR-UMR 7139		140k€	2	Analyse structurale des caraguénanes	Oui
REGIONAL	Fond de Maturation Région BZH	2010-2012	SBR-UMR7139		80k€	1	Oligomar	Non
REGIONAL	Fonds de maturation Région BZH	2012	IUEM-LM2E		60 k€	1	Caractérisation du potentiel Biotech d'une protéine de fixation à l'ADN simple brin en ingénierie génétique	Non
REGIONAL	AAP-IMA -CBB BZH	2011	SBR-UMR 7139		22k€	2	Phaeolam	Oui
REGIONAL	AAP IMA CBB BZH	11/12-10/13	LUBEM,		31k€	2	Cosmic Blue	Oui
REGIONAL	AAP-IMA CBB BZH	2014	Société Science et Mer	LEMAR	25 k€	2	RIV'ALG	Oui
REGIONAL	GIS Europôle Mer	2008-2010	SBR-UMR 7139		110k€	2	CRAZY-POL	Non
REGIONAL	GIS Europôle Mer	2009-2011	LEMAR,		146k€	2	PhlorotanING	Non
REGIONAL	RTR Biologie-Santé (UEB)	03/13-03/14	LUBEM, UBO		8k€	3	LPS	Non
REGIONAL	CR BZH	2008-13	SBR AD2M		175k€ *	3	RB HEMORGERE	Oui
REGIONAL	Programme de faisabilité P.R.D.T. (Oséo et Région Bretagne)	2010	société EMBALJET	IUEM-LEMAR	12,5k€	2	Valorisation des coquilles de bivalves pour leurs propriétés antimicrobiennes.	Oui
REGIONAL	Directive Cadre Eau Loire-Bretagne, Masses d'Eau Côtieres et de Transition	2008-2013	Agence de l'eau Loire-Bretagne	IUEM-LEMAR (E. AR GALL)	120k€	6	Evaluation de la qualité écologique des masses d'eau côtières et de transition	
REGIONAL	Region Bretagne, CG29, Quimper Communauté, Pôle Mer	2013-2015	Société MerAlliance	IUEM-LEMAR	1,2 k€	5	Pesk&Co	Oui

Type de projet [2009-2014]	Type du projet (exple fp7 kbbe, anr, cbb etc)	Dates	Porteur de projet (labo, chercheur)	Porteur Bretagne / Pays de la Loire	Montant du projet (budget global) * budget pour le labo	Nbre de partenaires	Titre du projet	Partenaires industriels oui/non
REGIONAL	Inter-régional-Bretagne-PL	2012-2014	PAO	IFREMER/ IUEM-LEMAR (R. ROBERT)	72 k€	5	TRACES	Oui
REGIONAL	Inter-régional-Bretagne-PL	2012-2014	CRC Bretagne Nord	IFREMER/ IUEM-LEMAR	300k€	5	PERLE	Oui
REGIONAL	France Filière Pêche	2012-2014	MNHN		537k€	2	Pocheteaux	Non
REGIONAL	Région Bretagne	2011-2016	MNHN		287k €	6	Traçabilité Poissons	Oui
REGIONAL	CR BZH	2013-2015	MNHN	IFREMER	564 k€	8	PREDATOR	Oui
REGIONAL	CR BZH, CG29, CG56, BMO	2010-2012	France HALIOTIS	MNHN, LEMAR, IFREMER	1.155 M€	7	ORMEAUX	Oui
REGIONAL	Région-PdL-Bretagne	2014-2015	Ifremer, EM3B		562k€	4	MAKIMINI	Oui
REGIONAL	CR BZH	2013-2014	LBCM UBS		30 k€	2	EVHELISANE	Oui
REGIONAL	CR BZH (AAP SAD)	2014-2016	INRA LPGP UR1037		76 k€	1	Portrait moléculaire d'un œuf de poisson de bonne qualité et recherche de marqueurs prédictifs	Non
REGIONAL	Technopole ADECAL	2013-2015	Ifremer PBA		1,87 M€	2	Amical	
REGIONAL	Région Basse Normandie	2012-2013	CNAM Intechmer	MMS	14 k€		C3MarMo	
REGIONAL	SMIDAP (PdL)	2013-2014	MMS IUML		151.8 k€		PANDHA	
REGIONAL	SMIDAP (PdL)	2012-2013	IUML- MMS		38 k€		UTILE -	
REGIONAL	Pôle Mer Bretagne	2011-2013	IUML-MMS-		60 k€		TopLipid	Oui
REGIONAL	CR BZH	2013-2015	Ifremer/Pelagos et Ifr/ LER/BO		300k€	2	Daoulex	Non
REGIONAL	CR PdL	2011-2014	Ifremer-PHYC	MMS IUML	205k€	2	ChiMiMar	Non
REGIONAL	Région PdL	2013-2016	IUML		2.2 M€		COSELMAR	Non
REGIONAL	CR BZH ARED (thèse)	2010-2013	LUBEM,UBO		90 k€	1	Biprobio	Non
REGIONAL	CR BZH ARED (thèse)	2013-2016	LUBEM, UBO		90 k€	1	ExMIM	Non
REGIONAL	Dynamique collective	2015-2018	IUML-GEPEA / Ifremer / U. Maine	GEPEA	1.5 M€		AMI	Non

GDR Groupements de recherche					
Type de projet	Nom du GDR	Durée	Partenaires Bretagne -Pays de Loire	Nbre de partenaires	Titre
National	PHYCOTOX	2014-2017	IFREMER, SBR, IUEM LEMAR, IUML	29	microalgues toxiques et phyco-toxines
National	ARCHEAE	2014-2017	IFREMER, IUEM LB2M	37	Biodiversité, origine, processus cellulaires fondamentaux et biotechnologies
National	BIOCHIMAR	2009-2014	UBS, LEMAR, SBR	30	Biodiversité et Chimiodiversité Marine
National	MEDIATEC	2014-2017	SBR, LEMAR, MMS, LBCM	45	Médiations chimiques dans l'environnement
International	DEBMA (France-Chili-Brésil)	2013-2016	SBR	11	Diversity, Evolution and Biotechnology of Marine Algae

Annexe 4

TITRES ET ACRONYMES

Acronymes

AAP-IMA : Ingrédients & molécules, Matériaux, méthodes d'Analyses

ANR RIB : Recherche en Innovation et Biotechnologie

ANR Blanc - SIMI 9 : Sciences de l'Ingénierie, Matériaux, Procédés, Energie (Blanc SIMI 9)

ANR ALIA : Alimentation et Industrie alimentaires

ANR Bio-ME : Bio-Matières et Energies

ANR CESA : Contaminants et Environnements : Métrologie, Santé, Adaptabilité, Comportements et Usages

ANR CD2I : Chimie Durable – Industries – Innovation

ANR Blanc SVE7 : Sciences de la vie, de la santé et des écosystèmes : Biodiversité, évolution des écosystèmes, écosystèmes productifs, agronomie

ANR CP2D Program : Chemistry and Processes for Sustainable Development

ANR Agrobiosphere : Viabilité et adaptation des écosystèmes productifs, territoires et ressources face aux changements globaux

CBB : Centre de Biotechnologies en Bretagne

DCF Data Collection Framework : The European Commission's Data Collection Framework (DCF) establishes a European Community framework for the collection, management and use of data in the fisheries sector and support for scientific advice regarding the Common Fisheries Policy (CFP)

ESA : European Space Agency

GEPEA : Génie des procédés – environnement – agro-alimentaire

PHC : Partenariat Hubert Curien

PMBA : Pôle Mer Bretagne Atlantique

PSDR GO : Programme de Recherche « Pour et Sur le Développement Régional dans le Grand Ouest »

SMIDAP : Syndicat Mixte pour le Développement de l'Aquaculture et de la Pêche en Pays de la Loire

Titres des projets

ACCLIPHOT : Environmental Acclimation of Photosynthesis

ACCUTOX : Evaluer l'impact des proliférations d'algues toxiques et des modifications de l'environnement sur le comportement alimentaire, les réponses physiologiques et la bioaccumulation des toxines dans les huîtres.

Algae in silico : Prédire et optimiser la productivité des microalgues en fonction de leur milieu de croissance

AlgoH2 : Optimisations génétiques, métaboliques, et procédé de la photobioproduction d'hydrogène par la microalgue verte *Chlamydomonas reinhardtii*

AlgoRaffinerie : Système intégré de raffinerie de microalgues

AMI : Atlantic Microalgae, Pôle Microalgues des Pays de la Loire.

AMICAL : Création d'une filière industrielle de production de microalgues en Nouvelle Calédonie

Aquagametes : Assessing and improving the quality of aquatic animal gametes to enhance aquatic resources

Arch-Pol : Recherche de nouvelles ADN polymérasés et applications biotech

Biopaintrop : Revêtements antifouling écologiques d'origine tropicale

BIOTECMAR : BIOTEchnological exploitation of MARine products and by-products

BIOVADIA : Biodiversity and valorization of blue diatoms

C3MarMo : Conversion métabolique chez les microalgues marines : élaboration d'un modèle cellulaire

CAER : Carburants alternatifs pour l'aéronautique

CaPaBIOC « Caractérisation fonctionnelle et rôle des Procaryotes associés au BIOfilm microphytobenthique des vasières intertidales dans les Cycles de l'azote et du carbone »

ChiMiMar : Chimiodiversité des microorganismes marins eucaryotes, programme ayant conduit au développement du plateau technique ThalassOMICS

Chondrychiens : Etude des chondrichthyens dans le débarquement de la pêche française

COMANCHE : Ecosystem interactions and anthropogenic impacts on king scallop populations in the English Channel

COSELMAR : Compréhension des Socio-Ecosystèmes Littoraux et Marins pour l'Amélioration de la Valorisation des Ressources Marines, la Prévention et la Gestion des Risques

Daoulex : Efflorescences d'*Alexandrium minutum* en rade de Brest à Daoulas »

DELIRE : diversité des espèces lessepspiennes : impact sur les ressources exploitées

DiesAlg : Production de biodiesel par microalgues

EVHELSEANE : Mélanges d'huiles essentielles aux propriétés biologiques objectivées pour la santé animale

Facteur 4 : Amélioration non OGM des performances de microalgues

Fish-Parasites : Parasites de poisson : identification du danger, impact et recherches en vue d'une stratégie efficace de prévention

GIAVAP : Genetic improvement of Algae for Value Added Products » Work package "Transposable elements and mutagenesis for genetic modification"

IDThon : Identification et quantification des espèces de thon dans les conserves appertisées

LABELFISH : Atlantic network on genetic control of fish and seafood labelling and traceability

Living deep : Bases génomiques et moléculaires de la piézophilie chez *Pyrococcus yanosii* CH1, un piézophile obligatoire

MARMED : Development of innovating biomedical products from marine resources valorization

Maternal Legacy : Portait moléculaire d'un œuf de poisson de qualité

MELISSA-ESA : "new generation of photobioreactors", Inst. Blaise Pascal CNRS, participation du GEPEA

MISLABELLING : Mislabeling des chondrichthyens dans la pêche française

NESATA : Natural Extract Screening for AntiTumoral Activity

PANDHA : Propriétés antimicrobiennes d'*Haslea ostrearia*

PECMED : Approche historique des pêches en méditerranée

PERLE 2 : Pole Emergent de Recherche Ligérienne sur l'Energie

PESK&CO : valoriser, à haute valeur ajoutée, des co-produits de poisson en nutrition santé

Phylofish : Analyse phylogénomique des duplications géniques chez poissons téléostéens

PHYLOSEX : Evolution du déterminant majeur du sexe chez les poissons

PRIAM : Conception d'un photobioréacteur à éclairage interne

PRO-EEL : Reproduction of European Eel: Towards a Self-sustained Aquaculture

REPROSEED : Research to improve PROduction of SEED of established and emerging bivalife species in European hatcheries

Salinalgue : Culture de microalgues à grande échelle en marais

SYMBIO2 : Système innovant, intégré et hybride, de production de microalgues à visée alimentaire, par symbiose avec des bâtiments industriels et/ou urbains (débuté en 2013). Coordination Sêché Environnement

ULVAN : Valorisation des algues vertes

UTILE : Utilisation de la télédétection pour l'estimation du stock d'huîtres sauvages en baie de Bourgneuf (partie Loire-Atlantique) : état des lieux

VALORALG : Valorisation de la Biomasse Végétale Bretonne

LISTE DES FORMATIONS DE NIVEAU BAC+5 RECENSÉES EN RÉGIONS BRETAGNE ET PAYS DE LOIRE

DOMAINE	NIVEAU	MENTION	SPÉCIALITÉ	ETABLISSEMENT	
	Ingénieur	Microbiologie et Qualité		ESIAB - UBO	REGION BRETAGNE
DOMAINE Sciences de la Mer et du Littoral	master	Mention Sciences Biologiques Marines	première année	IUEM-UBO	
	Master	Mention Sciences Biologiques Marines	2eme année Spécialité Biologie des organismes marins	IUEM-UBO	
	Master	Mention Sciences Biologiques Marines	2eme année spécialité Approche écosystémique de l'halieutique	Agrocampus-Ouest/IUEM-UBO	
	Master Pro	Mention Sciences Biologiques Marines	Spécialité Valorisations biotechnologiques des ressources marines (VALBIOREM)	IUEM-UBO	
DOMAINE Sciences - Technologies	Master	Mention Sciences de l'Univers, Environnement et Écologie	Spécialité Océanographie et environnements marins	SBR-UMPC	
	Master	Mention Biologie Intégrative et Physiologie (BIP)	Spécialité Biologie et Physiologie comparées, adaptation au milieu	SBR-UMPC	
	Master	Mention Biologie moléculaire du développement et évolution	Spécialité Biologie cellulaire développement et cellules souches	SBR-UMPC	
	Master	Mention Biologie et Santé	Spécialité Biologie et Bioressources Marines (BBMa)	SBR-UMPC	
	Master	Mention Sciences de l'Univers, Environnement et Écologie	Spécialité Ecologie, biodiversité et évolution	SBR-UMPC	
DOMAINE Sciences - Technologies - Santé	Master	Mention Environnement Marin et Biotechnologies	Spécialité Biotechnologies : Biomolécules, Micro-organismes, Bioprocédés	UBS	
	Master	Mention Biologie Santé	Spécialité: Microbiologie Fondamentale et Appliquée	UBO	

DOMAINE	NIVEAU	MENTION	SPÉCIALITÉ	ETABLISSEMENT	
	Ingénieur		Génie des Procédés et Bioprocédés (Ecole Polytech)	U. Nantes	REGION PAYS DE LOIRE
	Master international		Microalgal Bioprocess Engineering (en 2016, Ecole Polytech)		
DOMAINE Sciences - Technologies - Santé	Master	Ecosystèmes et bioproductions (U. Nantes)	Ecosystèmes et bioproductions (UFR Sciences et Techniques)		
Erasmus	Master Erasmus	AquaCulture, Environment & Society	AquaCulture, Environment & Society (depuis 2015)	U. Nantes & SAMS (UK) & U. Crete	
DOMAINE Sciences - Technologies - Santé	Master	Ecologie-Environnement, Ecoingénierie et bioindicateurs	Ecologie-Environnement, Ecoingénierie et bioindicateurs	U. Angers	

Licence Pro : Licence Pro Aquaval, Spécialité Biotechnologies aquacoles (labellisée en sept 2012) - IUT de Quimper- UBO

IUT : DUT : Génie Biologique (IUT Quimper, IUT Brest, IUT La Roche sur Yon, IUT Angers, IUT Le Mans) ; DUT Génie des Procédés (option Bioprocédés) (IUT Pontivy, IUT Saint Nazaire)

BTS/BTSA : BTS et BTSA Aquaculture (Lycée de Bréhoulou, Quimper-Fouesnant, Lycée Professionnel de Guérande)

ETUDE DES BREVETS « RESSOURCES MARINES » EN FRANCE

Si dans le monde, seulement 1,4 % de la totalité des brevets déposés entre 2000 et 2011 sont dans le domaine des biotechnologies marines, en France cette proportion est de 3 % versus la totalité des brevets déposés avec au moins inventeur domicilié en France :

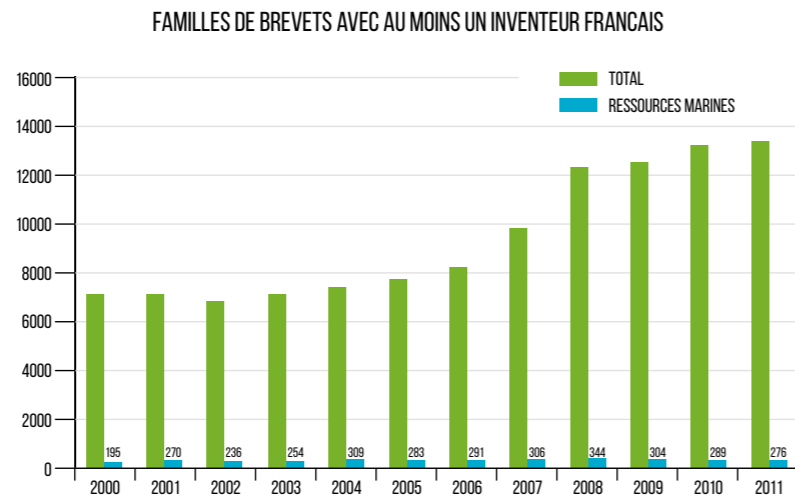


Figure A : Analyse des brevets français sur les ressources marines

Il faut noter cependant que depuis 2007, le nombre de dépôts en France a tendance à diminuer (de 306 en 2007 à 276 dépôts en 2011).

Sur cette même période 2000-2011, les dépôts de brevets dans le domaine des biotechnologies marines représentent 11 % de la protection industrielle dans ce domaine en France démontrant un dynamisme certain de la recherche dans le Grand Ouest. De plus il faut noter que dans un contexte de baisse du nombre de demandes de brevets en France (Figure A), une augmentation continue est observée dans le Grand Ouest entre 2007 et 2011.

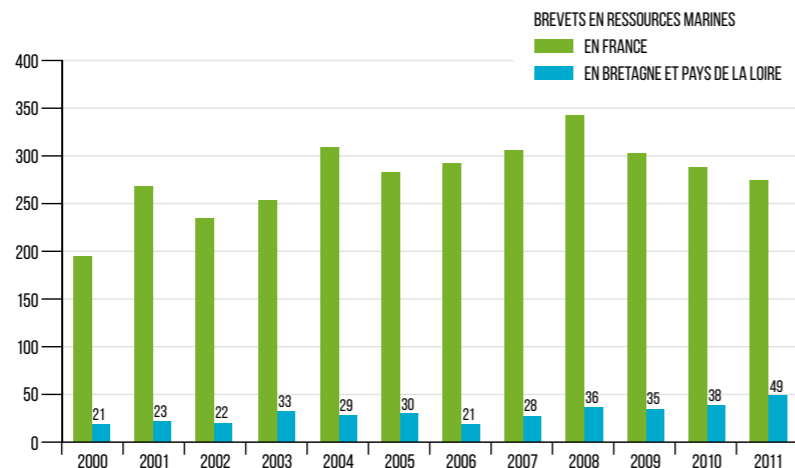


Figure B : Répartition des brevets « Ressources Marines » dans le Grand Ouest dans le contexte national

Cette proportion forte des dépôts de demandes de brevets est principalement issue des établissements de recherche publique comme le montre le graphe de la Figure C.

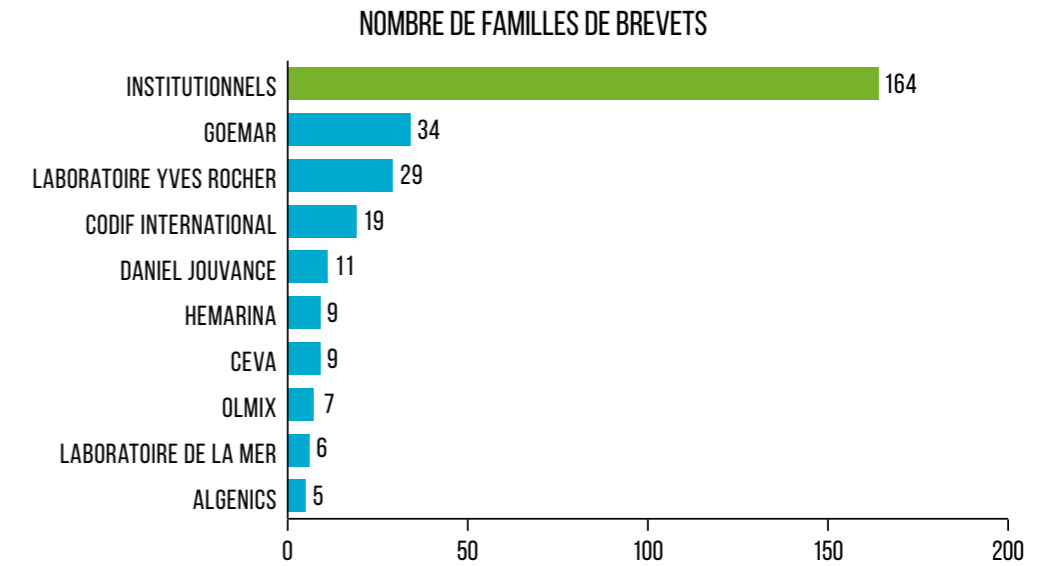


Figure C : Répartition des brevets entre acteurs privés et public dans le Grand Ouest

