Biotechnologies marines

Annuaire des métiers, compétences et formations

Bretagne et Pays de la Loire

Réalisé dans le cadre du projet INTERREG IV B Espace Atlantique « *Atlantic Blue Tech* »

UBO université de bretagne occidentale
iuem
LEMAR
TECHNOPÔLE BREST-IROISE
Atlantic Blue Tech
Investir dans notre futur commun
Union Européenne
Fonds Européen de Développement Régional
ESPACE ATLANTIQUE

Coordination

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

guerard@univ-brest.fr

Réalisation

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

leo.vic@univ-brest.fr

Contribution

Eric Vandenbroucke : Directeur du Technopôle Brest Iroise

Françoise Duprat : Adjointe au directeur du Technopôle Brest Iroise

Jérémie Bazin : Chef de projets européens au Technopôle Brest-Iroise et co-coordinateur du projet européen INTERREG IV B Espace Atlantique « *Atlantic Blue Tech* »

Conception graphique

Sébastien Hervé : IUEM / UBO

Léo Vic : IUEM / UBO

Experts chaîne de valeur « Végétaux marins »

Philippe Potin : Station Biologique de Roscoff CNRS-UPMC

Valérie Stiger-Pouvreau : IUEM – UBO – LEMAR UMR 6539, Plouzané

Experts chaîne de valeur « Microalgues/Microorganismes »

Pascal Jaouen : Institut Universitaire Mer et Littoral-CNRS, Université de Nantes – Laboratoire GEPEA UMR 6144, Saint-Nazaire

Gwenaelle Le Blay et Loïs Maignien : IUEM – UBO – Laboratoire de Microbiologie des Environnements Extrêmes UMR 6197, Plouzané

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

Experts chaîne de valeur « Aquaculture (bivalves/poissons) »

Pierre Boudry, José Zambonino et Fabrice Pernet : Ifremer - Laboratoire des sciences de l'Environnement MARin LEMAR UMR 6539 (CNRS / UBO / IRD / Ifremer), Plouzané

Expert chaîne de valeur « Coproduits marins »

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

Pour citer ce document : Guérard, Vic et al. (2015). Biotechnologies marines : annuaire des métiers, compétences et formations en Bretagne et Pays de la Loire. Projet INTERREG IV B EA « Atlantic Blue Tech ».

Crédits photos : E. Amice / CNRS ; S. Hervé / UBO ; N. Job / HEOS Marine

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, nous souhaitons remercier l'Union Européenne et plus particulièrement le Fonds Européen de DEveloppement Régional (FEDER) pour avoir co-financé le projet INTERREG IV B Espace Atlantique « *Atlantic Blue Tech* » dont l'annuaire constitue une action pilote.

Nous tenons à remercier chaleureusement M. Eric Vandenbroucke, directeur du Technopôle Brest-Iroise, ainsi que son adjointe Mme Françoise Duprat et le responsable des projets européens M. Jérémie Bazin, pour leur confiance et leur accompagnement tout au long de la rédaction.

Nous remercions M. Pascal Olivard, Président de l'Université de Bretagne Occidentale, M. Jean-Marie Filloque, Vice-Président Formation Tout au Long de la Vie (FTLV), en charge de la Commission de la Formation et de la Vie Universitaire (CFVU) de l'Université de Bretagne Occidentale, Mme Anne-Marie Tréguier, directrice de l'Institut Universitaire Européen de la Mer (IUEM) ainsi que M. Olivier Ragueneau, directeur du Laboratoire des sciences de l'Environnement MARin (LEMAR – UMR 6539), pour leur soutien et leur confiance pour la réalisation de cet annuaire.

Nous exprimons notre sincère reconnaissance à tous les contributeurs de l'annuaire, les membres du groupe de réflexion au sein de l'Europôle Mer sur les biotechnologies marines, les experts des quatre chaînes de valeur ainsi que toutes les personnes rencontrées pendant la réalisation de cet annuaire pour le temps qu'elles nous ont accordé. Les entretiens et discussions formelles et informelles ont réellement nourri ce document. Nous remercions également :

- Francis Kletzel, responsable du service Economie et Emploi Maritime, de la Délégation à la Mer et au Littoral, au sein de la Direction Départementale des Territoires et de la Mer,
- André Berthou, président du syndicat des récoltants d'algues de rive, également récoltant d'algues de rive et algoculteur,
- le professeur Tristan Montier, praticien hospitalier et responsable de la plateforme « SynNanoVect (UBO) »,
- Jehane Prudhomme, chargée de mission Ressources halieutiques au Comité Régional des Pêches Maritimes et des Élevages Marins de Bretagne,
- Rémi Bertran de AgroCampus Ouest Beg-Meil, pour la diffusion d'informations sur les référentiels de formation sur les récoltants d'algues de rive,
- Antoine Simon-Soundira, documentaliste au service universitaire d'aide à l'orientation et à l'insertion professionnelle (Cap'Avenir) de l'Université de Bretagne Occidentale à Brest.

SOMMAIRE

6. PAROLES D'ACTEURS

7. L'ECONOMIE BLEUE

8. A PROPOS DE CET ANNUAIRE

12. METHODOLOGIE

14. METIERS TRANSVERSES AUX QUATRE CHAINES DE VALEUR

26. VEGETAUX MARINS

40. MICROALGUES ET AUTRES MICROORGANISMES

52. AQUACULTURE DES BIVALVES ET DES POISSONS

66. COPRODUITS MARINS

76. FORMATIONS

PAROLES D'ACTEURS

- **Eric Vandenbroucke, directeur du Technopôle Brest Iroise**

« *Territoire maritime où la bio-ressource est variée, de qualité et préservée, le Finistère concentre, de la recherche fondamentale à la production industrielle, toute la chaîne de valeur d'une filière en développement constant depuis 30 ans* ».

- **Gaëlle Brayer, consultante en management de l'innovation et chef de l'entreprise LIME (L'Innovation, Mode d'Emploi)**

« *Je crois que le format papier de l'annuaire est un formidable atout pour les esprits curieux, pour oser prendre le temps et pour créer des nouvelles découvertes de compétences ou des hasards heureux à l'origine d'innovations. J'espère aussi qu'il sera reconduit et que d'année en année, de nouveaux métiers apparaitront, car de tous les enfants entrant à l'école cette année, 75% exerceront un métier qui n'existe pas encore aujourd'hui, nous prédit Cathy N. Davidson, professeur à l'université de Duke* ».

- **Jean-Michel Pommet, Responsable création produits et business développement chez AlgoSource Technologies**

« *Les biotechnologies marines sont encore à l'heure actuelle une activité émergente d'un point de vue développement industriel, il n'est donc pas simple de trouver des formations adaptées. Un tel annuaire paraît indispensable pour les étudiants afin de trouver des formations adéquates, ainsi que pour les industriels en quête de stagiaires ou de personnels compétents. La région Grand Ouest (Bretagne, Pays de la Loire, Poitou-Charentes) est aujourd'hui le référent en matière de biotechnologies marines en France* ».

- **Patrick Durand, chargé de mission biotechnologies marines au Pôle Mer Bretagne Atlantique et Ifremer Nantes.**

« *Cette idée d'annuaire est très intéressante, surtout d'un point de vue formations initiales et continues. En effet, les ressources humaines recherchent souvent des étudiants issus de formations spécifiques pour recruter des stagiaires et sont aussi à l'affut de formations continues pour assurer le maintien de compétences de leur personnel* ».

- **Rachel Portal-Sellin, chef de projet Mer et chef de projets européens à la Technopole Quimper Cornouaille / Responsable du Domaine d'action stratégiques « Ressources Biologiques Marines » au Pôle Mer Bretagne Atlantique**

« *L'élaboration de cet annuaire est une action tout à fait pertinente. Cela permet non seulement de faire un point sur les offres de formations existantes dans le Grand Ouest mais surtout de détecter d'éventuels manques par rapport aux besoins exprimés par les entreprises et centres de recherche en matière de compétences (technicien, ingénieur, chercheur, R&D, finances, marketing, etc.). En outre, l'annuaire permettra également d'informer les jeunes étudiants, lycéens voire même les collégiens (choix d'orientation en 4ème / 3ème) sur les différents métiers existants autour des biotechnologies marines en Bretagne et Pays de la Loire* ».

L'ÉCONOMIE BLEUE

L'attention nouvelle portée à l'économie de la mer depuis une dizaine d'années, dans le vaste mouvement de la maritimisation du monde, éveille de nombreux intérêts et suscite un besoin nouveau de caractérisation. Car tous ceux qui ont tenté de mesurer objectivement le poids de l'économie maritime, quelle que soit l'échelle, se sont heurtés à la difficulté de recenser des données fiables, homogènes et complètes. La majorité d'entre eux n'ont pu produire qu'un assemblage de chiffres, sans clés de compréhension de l'économie maritime et de sa dynamique. L'économie maritime, aussi appelée économie bleue, ne s'analyse pas comme une adjonction de secteurs différents qui ne communiquent pas entre eux ou avec le reste de l'économie. Changer de regard sur l'économie maritime doit permettre de sortir d'une approche sectorielle et d'aller explorer les domaines moins intuitifs auxquels on ne pense pas toujours ou que l'on connait moins bien, et où l'on pressent des potentialités de développement à plus ou moins long terme.

Région Bretagne
Conseil économique, social et environnemental

MM. Antoine Dosdat et Hervé Moulinier. Conseil Economique et Social Régional de Bretagne (CESER) - Octobre 2014.

FOCUS SUR LE TERRITOIRE

Une dynamique de recherche avérée : 63 équipes de recherche, 1ère région française de la recherche océanographique, 3 stations de biologie marine (Roscoff, Concarneau et Dinard), 33 plateformes d'innovation technologique animées en réseau (Biogenouest), les centres de ressources biologiques et animaleries, la plateforme R&D AlgoSolis, un pôle de chimie fort (Université de Rennes, ENSCR, Université de Nantes - laboratoire CEISAM) et un pôle agricole fort (INRA, ANSES).

Un tissu entrepreneurial présent sur le territoire : 150 entreprises, présence de PME et de groupes internationaux (Sanofi, Roulier, Biotrial, Goëmar, AOS Chemunex, etc.), 52% des entreprises avec une activité dans la santé, 26% dans la cosmétique.

Leader dans les biotechnologies marines : 124 entreprises dans le secteur des biotechnologies marines, 1ère région française en cosmétique marine, 1ère région européenne productrice d'algues (70 entreprises, 1000 emplois).

Un secteur structuré autour d'organismes accompagnant l'innovation : des pôles de compétitivité (Pôle Mer Bretagne Atlantique, Valorial, Atlanpole Biotherapies), des CRITT (CBB Capbiotek, ID2Santé), des centres techniques (ADRIA, ACTALIA, ID-Mer, Vegenov, CEVA), des technopoles, la SATT Ouest Valorisation, la chambre de commerce et d'industrie Innovation, des réseaux (Blue Cluster by PMBA, Capbiotek), qui ont pour objectif de favoriser le développement économique de la Bretagne en biotechnologies.

Une forte dynamique de projets collaboratifs structurants et privés : la Bretagne et les Pays de la Loire sont des partenaires clés dans de nombreux projets européens en biotechnologies marines (Biotecmar, Marine Biocare, Marmed, Macumba, etc.) et d'investissements d'avenir (EMBRC, LabexMer, Idealg, Oceanomics). En effet, depuis 2009, ce sont environ 45 projets collaboratifs portant sur les biotechnologies qui débutent chaque année. Les débouchés visés par ces projets sont l'agriculture et l'agroalimentaire (comprenant la nutrition-santé, animale et végétale) pour 50%, la nutrition-santé humaine pour 30%, la cosmétique pour 10% et l'énergie-environnement pour 10%.

Bretagne Développement Innovation

A PROPOS DE CET ANNUAIRE

Selon l'OCDE (Organisation de Coopération et de Développement Economique / www.oecd.org), 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 ». Dans le cas des biotechnologies marines (ou biotechnologies bleues), les cibles ou sources d'applications sont les bioressources marines. En effet, macroalgues, microalgues, plantes halophiles, microorganismes et coproduits marins offrent un potentiel considérable en terme de biomolécules d'intérêt pour des applications et marchés très divers : santé, agriculture, agroalimentaire, aquaculture, nutraceutique, petfood, cosmétique, chimie fine, protection de l'environnement, etc.

Les biotechnologies marines sont reconnues comme un domaine d'importance stratégique par les régions Bretagne et Pays de la Loire. Cependant, l'intérêt pour les biotechnologies marines dépasse largement le cadre régional et national car de nombreux gouvernements en Europe, en Amérique du Nord et en Asie ont intégré les biotechnologies marines dans leurs stratégies pour l'innovation, la prospérité nationale et la croissance économique et sociale (*OECD 2013, Marine Biotechnology : Enabling solutions for Ocean productivity and Sustainability, OECD Publishing*).

Un groupe de réflexion du GIS Europôle Mer, sous la coordination de Pascal Jaouen et Catherine Boyen et composé de seize personnalités issues du monde académique ou de structures de soutien à l'innovation, a été initié en 2013 pour travailler sur les volets Recherche, Formation et Transfert en biotechnologies marines.

Le document émanant de ce groupe de travail a été publié en 2015 (Boyen *et al*., 2015, Les Biotechnologies dans le Grand Ouest, Europole Mer Ed.). Il met en avant l'existence en Bretagne et Pays de la Loire d'une **recherche fondamentale et appliquée** reconnue à l'échelle nationale et internationale. Il souligne le fait que « *dans un contexte de changement climatique et de pression croissante sur les ressources naturelles, les biotechnologies marines connaissent 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 »*». Un autre atout du Grand Ouest est une **dynamique très forte de transfert technologique** et un tissu industriel très diversifié. Cent vingt-quatre entreprises dont les activités relèvent des biotechnologies marines ont été recensées en Bretagne et en Pays de la Loire en 2014 (www.capbiotek.fr). Un quart d'entre elles a centré ses activités sur le criblage de souches, la caractérisation de la matière, la production et la transformation de biomasse marine. Les autres entreprises ont, quant à elles, acquis une expertise dans le développement de nouveaux produits et/ou services issus de cette ressource sur les différents marchés évoqués ci-dessus.

Enfin, une analyse de **l'offre de formation** en Bretagne et Pays de la Loire a été menée. Il en ressort que l'offre de formation sur les territoires bretons et ligériens montre des atouts d'excellence et une forte attractivité au niveau national. Cependant, elle peut dans certains cas manquer de visibilité auprès des entreprises. De plus, une offre de formation pléthorique est aujourd'hui proposée aux étudiants qui peuvent rencontrer des difficultés pour construire leur parcours professionnel faute d'une représentation concrète des métiers offerts par des filières récentes et en plein essor telles que celle des biotechnologies marines.

Cet annuaire, consacré à la filière des biotechnologies marines dans le Grand Ouest, est un recensement des **compétences**, **métiers** et **formations** déclinés à partir de quatre chaînes de valeur représentatives de la biodiversité marine.

Sa conception émane des travaux du groupe de travail du GIS Europôle Mer. Trois sous-groupes ont respectivement travaillé sur les volets recherche, formation et transfert, et ont proposé des recommandations assorties d'actions prioritaires.

La réalisation de cet annuaire est l'une d'entre elles. Elle a été assurée par l'Institut Universitaire Européen de la Mer de l'Université de Bretagne Occidentale en collaboration avec le Technopôle Brest Iroise, sous la direction de Fabienne Guérard. Le périmètre est celui de la Communauté d'Universités et d'Etablissements Bretagne Loire (ComUE UBL) et l'UPMC-Roscoff. Son financement partiel est assuré au titre d'une action pilote (activité 5) du projet européen INTERREG IVB Espace Atlantique « *Atlantic Blue Tech* » visant à « Imaginer et soutenir le secteur des bioressources marines pour la période 2014-2020 ».

L'annuaire a pour objectif de renforcer les liens avec le monde économique, d'une part, et avec un public en formation initiale et continue, d'autre part, dans un secteur où :

- les connaissances et les compétences évoluent très rapidement : les techniques dites « omiques » ont révolutionné l'étude de la biodiversité marine, et les progrès technologiques dans les bioprocédés sont considérables,
- la culture d'innovation et d'entreprenariat doit être soutenue.

La formation et le transfert technologique constituent donc des maillons clé pour conforter la place du territoire Bretagne-Loire parmi les grands centres européens et mondiaux en biotechnologies marines.

L'annuaire est structuré en quatre chaînes de valeur (figure 1), respectivement (1) les végétaux marins, (2) les microalgues et autres microorganismes, (3) l'aquaculture des bivalves et des poissons et enfin (4) les coproduits marins. Chaque chaîne de valeur est divisée en quatre phases principales, dont chacune est spécifique aux biomasses traitées et aux problématiques associées à leur valorisation.

Cet annuaire ne se veut pas exhaustif. À partir des quatre chaînes de valeur proposées, il vise à donner une vision intégrative d'une chaîne de valeur, depuis les ressources disponibles jusqu'aux marchés et renseigne sur les **métiers** et **compétences** qui y sont associés. Le volet **formation** comprend des cursus allant du baccalauréat professionnel au doctorat, proposés par les établissements du Grand Ouest.

Enfin, l'annuaire s'adresse à des publics divers :

- étudiants et professeurs du secondaire et du supérieur, désireux de connaître les métiers et les formations dans le secteur de la biologie et des biotechnologies marines,
- entreprises en recherche de professionnels (stagiaires et/ou diplômés) aux compétences parfois spécifiques,
- salariés et demandeurs d'emploi dans une démarche de formation tout au long de la vie ou de Validation des Acquis de l'Expérience (VAE),
- tout public désireux de découvrir les multiples facettes des activités relevant des biotechnologies marines.

COMPOSITION DU GROUPE DE TRAVAIL DE L'EUROPÔLE MER SUR LE THÈME DES BIOTECHNOLOGIES MARINES

Catherine Boyen : Station Biologique de Roscoff CNRS-UPMC et **Pascal Jaouen :** Institut Universitaire Mer et Littoral-CNRS, Université de Nantes – Laboratoire GEPEA CNRS, Saint-Nazaire (coordinateurs)
Gilbert Blanchard : CBB CapBiotek, Rennes
Chantal Compère : Recherche 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 by Pôle Mer Bretagne Atlantique, animation thématique « Ressources biologiques », PMBA, Nantes
Gwenaelle Le Blay et **Mohamed Jebbar :** Institut Universitaire Européen de la Mer (IUEM) – Laboratoire de Microbiologie des Environnements Extrêmes LM2E 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
Jérémie Provost : Ecole d'ingénieur Polytech, Génie des procédés et Bio-procédés, Université de Nantes, GEPEA-CNRS, Saint-Nazaire

A PROPOS DE CET ANNIUAIRE

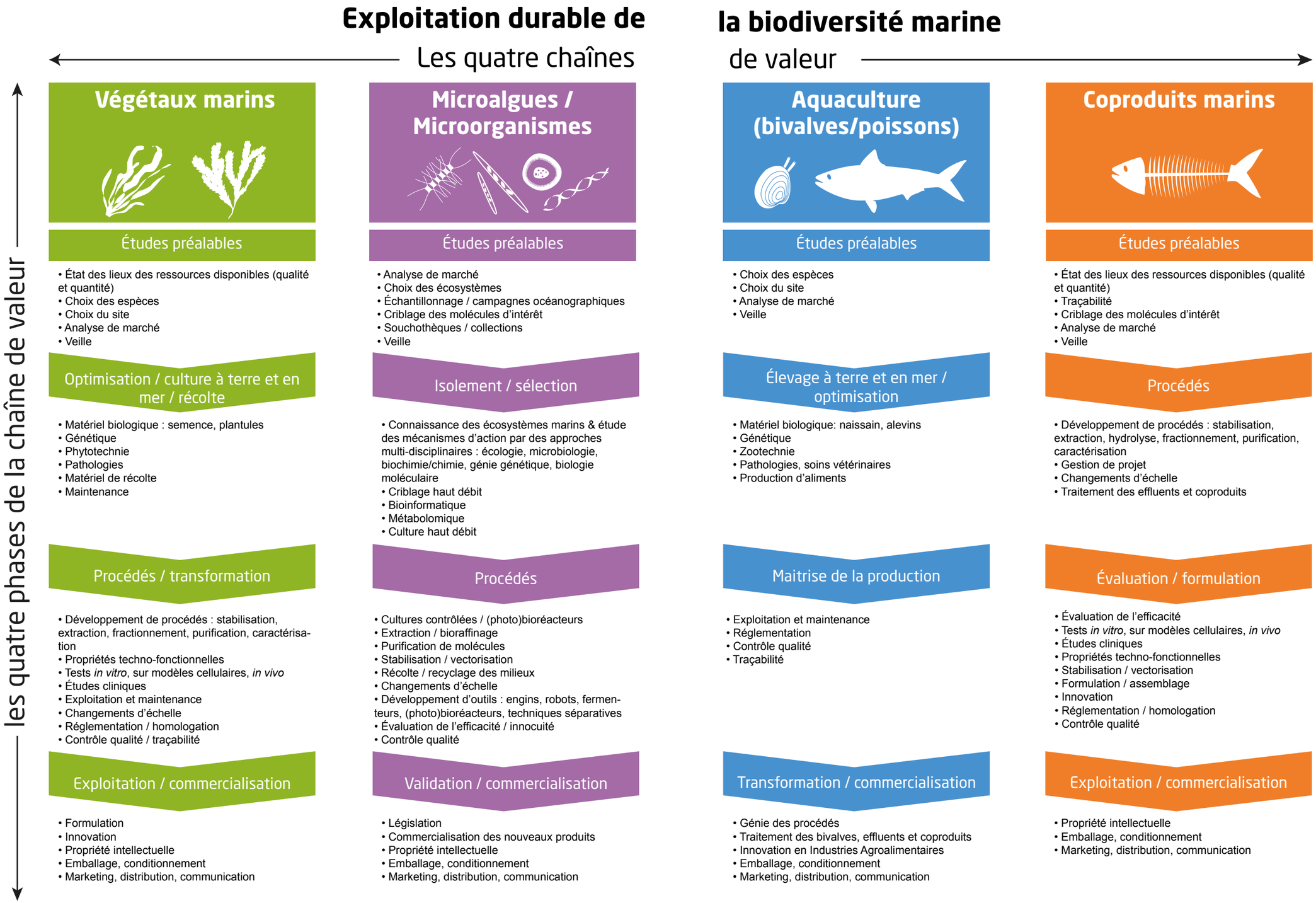


Figure 1 : Exploitation durable de la biodiversité marine présentée sous la forme de quatre chaînes de valeur « de la ressource aux marchés », déclinées en quatre phases principales, dont chacune est spécifique aux biomasses traitées et aux problématiques associées à leur valorisation.

MÉTHODOLOGIE

La méthodologie de travail adoptée pour la réalisation de ce document est présentée dans la figure 2.

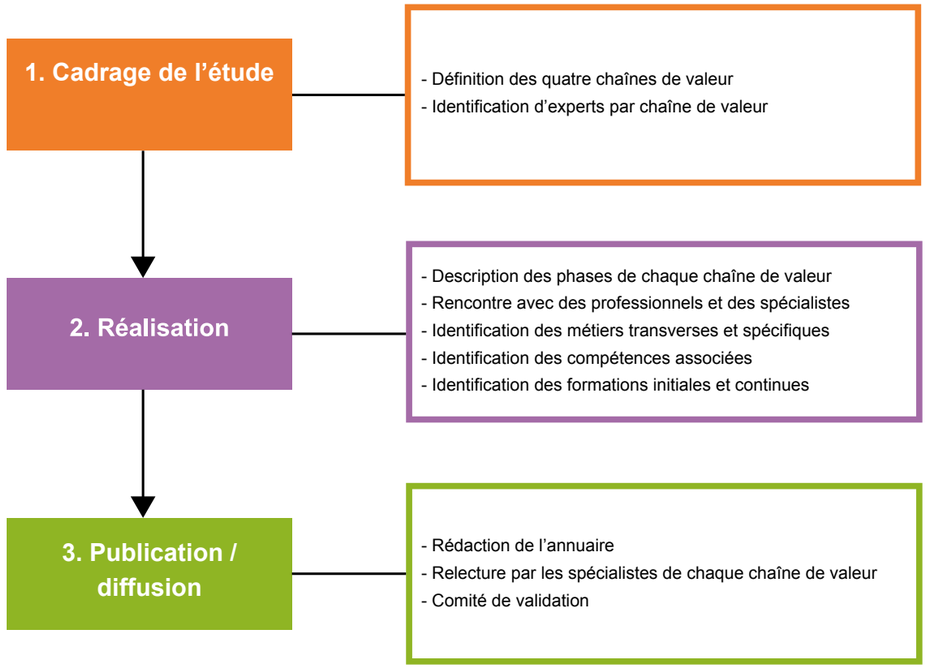


Figure 2 : Méthodologie de réalisation de l'annuaire.

La première phase (Cadrage de l'étude) a consisté à définir les quatre chaînes de valeur et à identifier des experts par chaîne de valeur.

La deuxième phase (Réalisation) a débuté par la description des quatre chaînes de valeur en quatre phases principales et a abouti au schéma général présenté dans la figure 1. L'étape suivante a consisté à rencontrer des professionnels (délégués à la mer et au littoral, algoculteurs, chargés de mission environnement, chefs d'entreprises, responsables R&D, etc.) afin de recueillir des informations sur les métiers et les compétences requises pour exercer ces fonctions. Ces données ont conduit à identifier des **métiers transverses**, des **métiers spécifiques**, et enfin, à définir les **compétences** associées à ces métiers. Les métiers dits transverses sont communs aux quatre chaînes de valeur (exemple : enseignant-chercheur, ingénieur R&D, responsable qualité) et sont présentés en première partie de l'annuaire. Ils relèvent de spécialités telles que la biologie végétale, la biochimie, la microbiologie, le génie des procédés, etc. Ainsi, la nomenclature suivie est de type « - nom du métier - en – spécialité - » ; on parlera donc de « enseignant-chercheur en biologie végétale » ou encore de « ingénieur de recherche en biochimie ». Les métiers dits spécifiques sont associés à chaque chaîne de valeur et sont présentés au fur et à mesure de l'avancée de l'annuaire (exemple : algoculteur pour la chaîne de valeur sur les végétaux marins). Puis, une liste des **formations initiales et continues** correspondant aux métiers cités dans le document a été établie pour les deux régions Bretagne et Pays de la Loire, à l'exception de quelques formations spécifiques situées en dehors de ces territoires. Elle s'étend des baccalauréats Professionnels aux écoles doctorales en passant par les BTS, DUT, Licences, Licences Professionnelles, Masters et écoles d'ingénieurs.

Enfin, la troisième phase (Publication/Diffusion) a été la rédaction de l'annuaire, puis sa validation par un comité d'experts.

Cet annuaire existe également au format numérique, il est consultable et téléchargeable sur les sites internet du projet « *Atlantic Blue Tech* » (www.atlanticbluetech.eu), du Technopôle Brest-Iroise (http://www.tech-brest-iroise.fr/) et de l'Institut Universitaire Européen de la Mer (http://www-iuem.univ-brest.fr/fr)

© N. Job / HEOS Marine

MÉTIERS TRANSVERSES AUX QUATRE CHAÎNES DE VALEUR

Certains métiers sont transverses aux quatre chaînes de valeur et sont présentés dans ce chapitre. Dans la plupart des métiers décrits, une bonne maîtrise de la communication écrite et orale en français mais aussi en anglais est nécessaire pour lire et rédiger des publications scientifiques ainsi que pour présenter les résultats lors de colloques nationaux et internationaux. Les compétences techniques se rapportent aux quatre chaînes devaleur traitées dans le document.

A chaque métier sont associés un ou plusieurs codes ROME (Répertoire Opérationnel des Métiers et des Emplois) qui correspondent à l'activité et à la descrition de la profession. Ces codes permettent d'approfondir vos recherches sur un métier en particulier, et de trouver la fiche RNCP (Répertoire National des Certifications Professionnelles) correspondante.

*Les éléments d'information sur les métiers transverses sont extraits des fiches métiers mises en ligne par l'APEC (*http://annuaire-metiers.cadres.apec.fr/*), du site de l'enseignement supérieur et de la recherche (*www.galaxie.enseignementsup-recherche.gouv.fr/*), du site de l'étudiant (*www.letudiant.fr*), du centre d'information et de documentation jeunesse (*www.cidj.com*), de l'office national d'information sur les enseignements et les professions (*www.onisep.fr*) et du site de pôle emploi (*www.pole-emploi.fr*).*

Enseignant-chercheur (H/F)

Code ROME : K2108

Les enseignants-chercheurs (maîtres de conférences ou Professeurs des universités) sont des scientifiques de haut niveau de qualification qui exercent leur activité au sein d'un établissement d'enseignement supérieur. Titulaires d'un doctorat (Bac+8) dans leur domaine de spécialisation, ils partagent statutairement leur activité entre l'enseignement supérieur et la recherche scientifique. Leur mission est donc basée sur la formation initiale et continue, la recherche fondamentale et/ou appliquée, la gestion et la valorisation de la recherche. Dans certains cas, ils établissent une coopération avec les entreprises publiques ou privées. Ils assurent la direction, le conseil, le tutorat et l'orientation des étudiants et contribuent à leur insertion professionnelle. Ils organisent leurs enseignements au sein d'équipes pédagogiques dans tous les cursus universitaires et en liaison avec les milieux professionnels. Au fil de leur carrière, ils sont amenés à conduire et encadrer des équipes de recherche, rédiger et diriger des projets scientifiques, et à participer à l'administration de la recherche et à la gouvernance des institutions universitaires.

Les enseignants-chercheurs sont recrutés par concours ouverts par établissement.

Chercheur (H/F)

Codes ROME : K2401 / K2402

Les chercheurs sont titulaires d'un doctorat (Bac+8). Ils sont recrutés sur concours dans les centres de recherche en France (CNRS, INSERM, Institut Pasteur, IRD, CIRAD, Ifremer, etc.). Les chercheurs au sein des EPIC (Etablissements Public à caractère Industriel et Commercial) tels que l'Ifremer ou le CIRAD sont salariés sous droit privés. Les autres exerçant dans les établissements d'enseignement supérieurs et de recherche sont des fonctionnaires de l'Etat français.

Les principales missions du métier de chercheur sont la production scientifique d'articles, la valorisation des résultats obtenus en participant à des congrès ou en déposant des brevets, la diffusion de l'information scientifique au grand public au travers d'articles de vulgarisation, de conférences ou encore d'émissions et enfin la formation à la recherche par l'encadrement de stagiaires et de doctorants. Pour mener à bien toutes ses missions, le chercheur définit des sujets de recherche, monte des programmes de recherche en réponse à des appels d'offres, élabore des protocoles en concertation avec les autres membres de son équipe, réalise des expériences, analyse et interprète les résultats qu'il valorisera par l'écriture d'articles scientifiques qui seront publiés dans des revues à comité de lecture.

Au fil de sa carrière, le chercheur peut dispenser des enseignements universitaires, encadrer des équipes de recherche, prendre la direction de projets scientifiques et participer à l'administration de la recherche.

Ingénieur de recherche (H/F)

Code ROME : K2402

Les ingénieurs de recherche sont titulaires d'un doctorat (Bac+8) et sont recrutés sur concours. Ils mettent en œuvre des activités de recherche, forment, gèrent et diffusent des connaissances scientifiques et encadrent des stagiaires. Ils participent activement à la vie du laboratoire en collaborant avec différentes équipes pour les aider à développer leur recherche. En fonction des besoins, ils sont capables de mettre au point des protocoles de laboratoire, de traiter des résultats, de les valoriser et sont également amenés à rédiger des articles scientifiques.

Ingénieur d'étude (H/F)

Codes ROME : K2402 / H1206

L'ingénieur d'étude est un scientifique de niveau Bac+5 spécialiste dans un domaine ou plusieurs domaine(s) d'étude(s). Les ingénieurs d'études contribuent à l'élaboration, à la mise au point et au développement des techniques et méthodes mises en œuvre dans les établissements où ils exercent, ainsi qu'à l'organisation de leur application et à l'amélioration de leurs résultats. Ils mènent des travaux sur le terrain (récolte) et en laboratoire (par exemple : détermination, extraction, purification, caractérisation) et peuvent exercer des fonctions d'administration et assumer des responsabilités d'encadrement, principalement à l'égard des personnels techniques.

Ingénieur Recherche et Développement / Chef de projet (H/F)

Codes ROME : K2402 / H1206

L'ingénieur R&D participe à la conception et au développement de nouveaux produits, services ou procédés dans le cadre d'un projet d'innovation au sein d'une entreprise privée. De formation scientifique de niveau Bac+5 et/ou titulaire d'un doctorat, il est amené à collaborer étroitement avec les autres départements de l'entreprise : marketing, production, commercialisation, équipe de recherche, direction générale, etc.

Ses missions principales sont les suivantes : analyse et compréhension du positionnement produit, traduction des besoins fonctionnels en cahier des charges, conception et développement du produit, phases de tests et de validations, correction et amélioration du produit, soutien à la mise en production et au lancement, etc.

L'ingénieur R&D possède donc de bonnes connaissances scientifiques du sujet lié au fonctionnement d'un projet R&D (cycle de recherche, étapes de gestion d'un projet scientifique etc.) et du marché associé au projet afin de bien cerner l'environnement général de ses activités.

Il mène des activités de veille (veille brevets et technologique, concurrentielle) pour identifier de nouvelles orientations scientifiques et animer la réflexion stratégique. Il fait du benchmarking, teste les produits concurrents afin d'en extraire des données pertinentes transposables aux spécifications de son produit. Il peut aussi rassembler les éléments juridiques (lois, règlements, brevets, etc.) nécessaires à l'évaluation de la faisabilité du projet.

Technicien (H/F)

Codes ROME : H1206 / H1503

Ce métier est accessible à partir de Bac+2 (DUT ou BTS) ou Bac+3 (licence ou licence professionnelle) dans de nombreux domaines. Suivant son expérience et le secteur d'activité dans lequel il travaille, le technicien participe à l'avancement d'un projet, comme la conception d'un nouveau produit. Il assiste le chercheur, l'ingénieur ou le chef de projet dans ses travaux et permet la réalisation des essais techniques en laboratoire ou sur le site industriel.

Suivant le domaine d'activité dans lequel il exerce, le technicien requiert des compétences en biologie, microbiologie, biochimie, chimie, génétique, biologie cellulaire et moléculaire, génie des procédés, aquaculture, hygiène et sécurité, qualité, génie mécanique et productique, génie électronique et électrotechnique, génie industriel et maintenance, gestion des entreprises et des administrations, logistique et organisation, techniques de commercialisation, emballage et conditionnement, etc.

MÉTIERS TRANSVERSES AUX QUATRE CHAÎNES DE VALEUR

Ingénieur en propriété industrielle / ingénieur brevets (H/F)

Code ROME : H1206

L'ingénieur brevets (niveau Bac+5 ou +8) a pour mission de protéger les inventions de l'entreprise ou du centre de recherche en les transcrivant en demandes de brevet. Il est chargé de gérer tout ou partie de l'activité de propriété industrielle, de l'évaluation de la brevetabilité de l'invention, de la rédaction, du dépôt et du suivi des procédures auprès de différents offices nationaux, notamment au travers des réponses aux lettres officielles et rapports de recherche.

La brevetabilité concerne une matière première, un produit, un composant, un procédé, l'état de l'art et l'évolution de l'environnement scientifique, technique, industriel ou commercial de l'entreprise. La veille permet notamment de suivre les évolutions techniques et technologiques, la publication de nouveaux brevets ou les innovations mises sur le marché.

Ses missions principales sont les suivantes : évaluation de la brevetabilité de l'invention, rédaction, dépôt et suivi des procédures auprès des différents organismes. Il exerce son activité en entreprise, en cabinet de conseil en propriété industrielle ou au sein d'un organisme de délivrance des brevets.

Compétences techniques

- Connaissances scientifiques des sujets liés au domaine d'intervention de l'entreprise ou du centre de recherche afin de comprendre la documentation technique relative aux innovations à protéger,
- Recherches documentaires, notamment sur les bases de données spécifiques au dépôt de brevets, pour les recherches d'antériorité,
- Connaissances juridiques liées au droit de propriété industrielle.

Chargé d'études en marketing (H/F)

Codes ROME : M1705 / M1403

Le chargé d'études en marketing collecte, exploite et analyse l'ensemble des données qualitatives et quantitatives d'un marché et contribue à orienter les décisions stratégiques, notamment marketing, de l'entreprise. Le chargé d'étude marketing a souvent suivi une formation de commerce et marketing, de niveau Bac+2 à Bac+5. Il intervient en amont et en aval de la chaîne de valeur.

En amont, il effectue une étude de marché afin de comparer l'offre de la concurrence et la demande des clients dans le but de conseiller l'entreprise sur les axes à développer et d'assurer au maximum le succès commercial. Il étudie le comportement d'achat en enquêtant à travers des entretiens qualitatifs et quantitatifs, des réunions de groupe et des visites dans les magasins pour analyser les prises de décisions des consommateurs. Son objectif est de livrer des études chiffrées afin de mettre en place une stratégie commerciale adaptée.

En aval, une fois le produit créé et prêt à la vente, le chargé d'étude en marketing doit en faire la promotion afin de le mettre en avant sur le marché. Pour cela, il conçoit des flyers, posters et peut éventuellement contacter des partenaires extérieurs (agence de communication, de publicité, etc.).

Compétences techniques

- Connaissances des techniques de modélisations statistiques selon le positionnement du poste et les besoins de l'entreprise : tris croisés, typologies, scoring, etc.,
- Culture marketing et connaissances des prestataires en matière d'études qualitative et quantitative,
- Connaissances des techniques d'entretien dans le cadre d'études qualitatives : « focus group », entretien en face à face, observation.

Responsable formulation - galénique (H/F)

Code ROME : H1206

La formulation permet d'écrire la « recette » du produit. Le responsable formulation travaille au sein du service R&D de l'entreprise, en interaction avec la production, le marketing et le service commercial. Le responsable formulation prend connaissance du cahier des charges fourni par les services R&D et marketing, étudie la liste des ingrédients et établit un protocole afin de formuler un produit fini qui respecte les normes. Il combine ensuite les différents ingrédients afin d'obtenir un produit possédant certaines caractéristiques (aspect, texture, couleur, goût, arôme, parfum, etc.) telles que définies dans le cahier des charges. Selon qu'ils travaillent en cosmétique, dans l'alimentaire, la nutraceutique, etc., les connaissances requises sont spécifiques et différentes d'un secteur à l'autre, aussi les personnes concernées sont généralement spécialisées dans un domaine d'application.

Compétences techniques

- Bases scientifiques et connaissances des procédés et de leur impact sur les molécules/ingrédients,
- Connaissances de base en évaluation sensorielle, maitrise de la nomenclature et de la réglementation du secteur d'application concerné,
- En agroalimentaire, il sera un spécialiste des ingrédients et des PAI (produits alimentaires intermédiaires) et aura notamment des connaissances et des compétences en rhéologie (mesure de la texture, couleur, etc.),
- En cosmétique, il maîtrisera les différentes formes galéniques et la nature des ingrédients entrant dans la composition d'une formule cosmétique et aura aussi des compétences et connaissances en rhéologie.

Responsable de la communication (H/F)

Code ROME : E1103

Le responsable de communication conçoit et met en œuvre les actions auprès des différents publics ciblés par l'entreprise. Il est chargé des différents types de communication, à savoir la communication interne, commerciale ou évènementielle selon les budgets qui lui sont accordés. Il définit la stratégie de communication, conçoit les supports de communication (sites web, brochures, flyers, cartes de visite, journaux internes, annonces de presse, etc.) sous la tutelle de sa direction. Il a des connaissances sur les chaînes graphiques (imprimeurs, routeurs, prestataires infographistes).

Compétences techniques

- Bonne culture générale des différents leviers médias, hors médias et institutionnels,
- Connaissances de l'entreprise, de ses produits, de son environnement économique et concurrentiel,
- Connaissances des leviers de mix marketing et de marketing on-line afin d'assurer la promotion des produits et des services de l'entreprise dans une optique de B to C,
- Aptitudes au management et à la gestion d'équipes pluridisciplinaires,
- Capacités de négociation permettant de maximiser le retour sur investissement de l'entreprise en matière de partenariat B to B,
- Capacités à gérer un budget et à planifier des investissements nécessaires à la réalisation du plan de relations publiques,
- Bonnes pratiques des techniques de lobbying afin de faire valoir les intérêts de l'entreprise auprès de ses clients.

MÉTIERS TRANSVERSES AUX QUATRE CHAÎNES DE VALEUR

Responsable Qualité Hygiène Sécurité Environnement (QHSE) (H/F)

Codes ROME : H1502 / H1302

Le responsable QHSE a pour mission de réduire et de contrôler les risques industriels au sein d'une entreprise. Il est titulaire d'une formation allant de Bac+2 à 5, à dominante hygiène et sécurité. Il est garant de l'environnement de travail des salariés et du site de production. Il définit la politique QHSE, élabore un programme d'actions, met en œuvre et suit le plan d'actions en matière d'hygiène, de sécurité et d'environnement. Il pilote les analyses des produits, valide leur conformité par rapport au cahier des charges des clients et aux normes de la réglementation. Il sensibilise le personnel aux règles d'hygiène, de qualité et de sécurité en rédigeant les procédures à respecter par tous les acteurs concernés, et en assurant la formation en interne.

Compétences techniques

- Connaissances générales en sciences en fonction du domaine d'activité de l'entreprise : chimie, physiologie, biologie, anatomie, physique, électricité, etc.,
- Connaissances de la réglementation relative à l'hygiène, la sécurité, l'environnement et les conditions de travail,
- Connaissances des normes qualité, hygiène, sécurité, environnement (ISO 9001 v 2008, ISO 14000 v 2004, OHSAS 18001, etc.),
- Maîtrise des techniques d'intervention d'urgence, notamment en secourisme et en incendie.

Responsable logistique (H/F)

Codes ROME : H1401 / M1102 / N1303 / N1301

Le logisticien organise la circulation des marchandises au sein et à l'extérieur de l'entreprise. Il gère les flux depuis la réception des matières premières ou des matériaux jusqu'à la livraison des produits finis. Chargé d'approvisionner les ateliers de production, il intervient aussi après la fabrication. C'est lui qui assure l'expédition des produits finis : traitement des commandes, transfert des produits vers le quai d'expédition, emballage et transport.

Il maîtrise et optimise les achats, le stockage et le transport des marchandises en essayant de gagner du temps et de réduire les coûts sans perdre de vue la qualité et la sécurité. Il prospecte sans cesse de nouveaux marchés et recherche les meilleures techniques de transport et de stockage.

En amont, ce professionnel traite les commandes avec les fournisseurs, gère les magasins de stockage et effectue des inventaires. Il veille à la réserve des matières premières par rapport au planning de production. Il s'informe des dysfonctionnements qui peuvent retarder la fabrication en série, puis il organise les étapes du conditionnement et de l'expédition des produits finis.

Compétences techniques

- Bonne vue d'ensemble de l'entreprise, de ses besoins et de ses contraintes au sein des différents services : achat, stockage, commercialisation, production, etc.
- Capacités à animer et gérer une équipe,
- Connaissances de l'évolution des techniques de transport et de leur réglementation,
- Maîtrise des logiciels indispensables à une gestion efficace des stocks, des commandes et de la distribution.

Responsable achats (H/F)

Codes ROME : M1102 / H1502

Le responsable achats définit la stratégie et la politique d'achats de l'entreprise, garantissant ainsi la réalisation des objectifs qualitatifs, quantitatifs, organisationnels et financiers en matière d'achats de produits et/ou de services. Il encadre le département achats, négocie les dossiers stratégiques, assure la gestion et le pilotage de projets achats (procédures, méthodologies, outils, etc.) ainsi que le suivi des fournisseurs et des performances achats de l'entreprise.

Compétences techniques

- Maîtrise des techniques de négociation, des outils et solutions du marché en matière de gestion des achats (e-procurement, e-sourcing, outsourcing, etc.),
- Connaissances des différents métiers de l'entreprise en terme de contraintes économiques et d'organisation associées à une expertise sur les produits et services clés nécessaires au fonctionnement des différents pôles d'activité de l'entreprise,
- Connaissances des méthodologies de gestion de projet, culture économique, et solide bagage juridique.

Consultant en management de l'innovation (H/F)

Code ROME : H1206

Le consultant en management de l'innovation analyse les besoins d'une entreprise et l'accompagne dans la mise en place et/ou le financement de ses projets d'innovation. Ses missions principales comportent des activités de veille et détection d'opportunités commerciales, le diagnostic du projet d'innovation et sa mise en place puis le reporting et le suivi du projet d'innovation.

Compétences techniques

- Connaissances des leviers de financement d'un projet de recherche et des modes d'évaluation afin de présenter des dossiers objectifs, argumentés et sans faille auprès des structures/organismes de financement,
- Connaissances techniques dans le domaine scientifique étudié pour dialoguer efficacement avec les équipes de l'entreprise,
- Compétences en gestion et planification de projet, maîtrise des principes d'évaluation et de chiffrage de projet.

Responsable des ressources humaines (RH) (H/F)

Codes ROME : M1502 / M1503

Le responsable RH assure tout ou partie du développement et de la gestion administrative des ressources humaines au sein de l'entreprise. Il participe à la définition de la stratégie RH, assure une mission de conseil et de support auprès des opérationnels, met en place des projets de RH. Ses missions changent selon la taille de l'entreprise : dans une PME, son périmètre d'activité est large : il couvre l'ensemble des problématiques RH tandis que dans un groupe plus restreint, son périmètre est plus spécialisé.

Compétences techniques

- Polyvalence dans tous les domaines de la gestion des ressources humaines : recrutement, formation, droit social, gestion des carrières, paie,
- Culture économique et financière afin de favoriser le dialogue avec les opérationnels et d'être crédible auprès d'eux,
- Connaissances des métiers de l'entreprise et en particulier de ceux qui correspondent à la population gérée,
- Maîtrise de l'outil informatique et des logiciels RH.

MÉTIERS TRANSVERSES AUX QUATRE CHAÎNES DE VALEUR

Responsable de production (H/F)

Codes ROME : H2502 / H1401

De niveau Bac+2 à 5, le responsable de production supervise la fabrication de gammes de produits. Il fixe les objectifs de production au niveau du site et veille à l'utilisation optimale des ressources. Il encadre un ou plusieurs ingénieurs de production, des techniciens et des opérateurs.

Après avoir analysé les contraintes de fabrication, le responsable de production assure la gestion de la fabrication en fixant les objectifs de production des ateliers ou des lignes de fabrication, contrôlant le processus de fabrication et les résultats au regard du cahier des charges, suivant la réalisation des investissements selon le budget défini, etc. Il doit assurer la fiabilisation et l'amélioration des process.

Outre ces tâches techniques, il manage les équipes de production (ingénieurs, agents de maîtrise, techniciens, opérateurs) et participe à la définition du plan de formation. Enfin, il assure le suivi des relations avec les clients et les prestataires.

Compétences techniques

- Maîtrise des techniques mises en œuvre dans la fabrication des produits,
- Aptitude à la gestion des ressources humaines et au management,
- Connaissances de l'environnement de la production, notamment des fonctions supports (logistique, maintenance, etc.),
- Connaissances sectorielles spécifiques à l'activité de l'entreprise,
- Connaissances en économie et en gestion administrative,
- Maîtrise des techniques d'amélioration continue (Kanban, Kaizen, 6 sigma, TPM, SMED, etc.),
- Maîtrise des outils statistiques et des logiciels de gestion de production (ERP-PGI, GPAO, adonix, mySAP ERP, Produflex, etc.).

Responsable packaging (H/F)

Code ROME : H1204

De formation Bac+2 à 5 en emballage et conditionnement, le responsable packaging conçoit et contrôle la qualité des emballages pour répondre aux attentes des clients et valoriser le produit. Il intègre les besoins du service marketing, les contraintes d'industrialisation d'un emballage avec l'usine pour en définir les caractéristiques techniques, en respectant la politique qualité du groupe. Il travaille en collaboration avec les usines, les fournisseurs, les services achats, qualité et marketing du groupe.

Il assure la mise en œuvre et le suivi opérationnel des projets en conseillant les clients, rédigeant les cahiers des charges des éléments d'emballage d'un projet, sélectionnant puis référençant les fournisseurs, veillant au respect des cahiers des charges par les fournisseurs, appliquant la politique qualité du groupe, etc.

Compétences techniques

- Connaissances en chimie et physique des matériaux,
- Connaissances en qualité et réglementation,
- Connaissances des opérations de conditionnement, de la réglementation et des logiciels de graphisme.

Certains métiers transverses relèvent de diverses spécialités présentées ci-dessous.

Biologie

« *Ensemble de toutes les sciences qui étudient les espèces vivantes et les lois de la vie. Plus particulièrement, étude scientifique du cycle reproductif des espèces animales et végétales, du déroulement de la vie individuelle, par opposition à la physiologie qui étudie les lois constantes du fonctionnement des êtres* » (définition du Larousse).

La biologie est l'étude de la vie au sens large du terme. Cette science s'intéresse donc à tous les aspects du monde vivant pour des échelles allant des microorganismes aux animaux et végétaux supérieurs. L'étude des environnements, des évolutions et des interactions entre les organismes au sein de populations entre également en jeu dans le champ strict de la biologie.

Microbiologie

« *Ensemble des disciplines biologiques (bactériologie, mycologie, virologie et parasitologie) qui s'occupent des microorganismes* » (définition du Larousse).

La microbiologie est l'étude des microorganismes, c'est-à-dire les organismes de taille inférieure à 0,2mm. Les microorganismes sont retrouvés dans les trois domaines du vivant : bactéries, archées et eucaryotes (microalgues et champignons microscopiques). Les microbiologistes sont capables d'isoler et de faire croître un microorganisme dans le but d'étudier son comportement (métabolisme, croissance, synthèse de composés d'intérêt) et de le caractériser, ce qui peut, dans certains cas, intéresser les industries portées dans les domaines nutritionnels, médicaux, pharmaceutiques, médicaux, dépolluants et textiles.

Biochimie

« *Science qui étudie la composition et les réactions chimiques de la matière vivante et des substances qui en sont issues* » (définition du Larousse).

La biochimie est l'étude des phénomènes biologiques, chimiques et physico-chimiques intra- et extra-cellulaires afin de comprendre le fonctionnement des molécules qui forment la matière vivante telles que les protéines, glucides ou lipides.

Dans le cas d'études de valorisation de biomolécules d'origine marine, la biochimie peut permettre d'extraire, d'isoler, de purifier, de concentrer et de caractériser une molécule d'intérêt susceptible d'intéresser des industries cosmétiques, pharmacologiques, chimiques ou encore environnementales.

MÉTIERS TRANSVERSES AUX QUATRE CHAÎNES DE VALEUR

Chimie

« *Partie des sciences physiques qui étudie la constitution atomique et moléculaire de la matière et les interactions spécifiques de ses constituants. Ensemble des connaissances sur la préparation, les propriétés et les transformations d'un corps* » (définition du Larousse).

La chimie est la science des composants atomiques et moléculaires de la matière ainsi que de leurs interactions. Elle permet d'expliquer certaines réactions à des échelles cellulaires, moléculaires et atomistiques et de mieux appréhender les phénomènes physico-chimiques régissant la formation et la transformation de composés cellulaires.

Génétique

« *Relatif à l'hérédité, aux gènes* » (définition du Larousse).

A l'origine, la génétique est une branche particulière de la biologie, focalisée sur les phénomènes d'hérédité des gènes. Aujourd'hui, les évolutions scientifiques et technologiques permettent de séquencer des gènes encore inconnus ou d'implanter des gènes codant pour une molécule d'intérêt dans le génome d'une bactérie grâce aux techniques dites de génie génétique.

La génétique est également utilisée dans les études de traçabilité moléculaire pour les étapes de contrôle qualité au sein des entreprises.

Biologie cellulaire et moléculaire

« *Science consacrée à l'étude des molécules supportant le message héréditaire (acides nucléiques ADN et ARN). La biologie moléculaire analyse, dans les molécules, la structure du génome et ses altérations (mutations) ainsi que les mécanismes de l'expression normale et pathologique des gènes. L'expression biologie moléculaire est parfois employée pour désigner les techniques d'étude des gènes* » (définition du Larousse).

La biologie cellulaire et moléculaire s'intéresse aux structures et aux fonctions des cellules en passant par la compréhension des phénomènes moléculaires qui les induisent. L'étude à ces deux échelles permet de mieux comprendre le fonctionnement des cellules et de leurs organites, des processus vitaux qui en découlent et des mécanismes permettant leur bon fonctionnement.

Génie des procédés

« *Mise au point des procédés destinés à produire une substance chimique donnée de façon économique et avec un impact minimal pour l'environnement* » (définition du Larousse).

Le génie des procédés est la science de la transformation de la matière première en produits finis à fonction d'usage. Ce domaine d'activités permet de concevoir, d'innover, de réaliser et d'exploiter des procédés (extraction, concentration, purification, filtration, séchage, bioraffinage) dans des domaines industriels variés (énergie, cosmétique, agroalimentaire, nutrition humaine et/ou animale, dépollution d'effluents liquides ou gazeux, etc.). Le génie des procédés, qui fait partie des sciences de l'ingénieur, nécessite la compréhension des phénomènes physiques, biologiques et chimiques, et leur modélisation en vue du contrôle ou du changement d'échelle (le passage de l'échelle de l'éprouvette à celle de l'usine).

Halieutique

« *Ensemble des disciplines ayant trait aux problèmes de la pêche* » (définition du Larousse).

L'halieutique étudie la gestion des pêches, des quotas et des stocks de capture ainsi que la biologie, la reproduction et la physiologie des espèces pêchées.

(Bio)statistiques

« *Ensemble de données d'observation relatives à un groupe d'individus ou d'unités (souvent pluriel). Ensemble des méthodes qui ont pour objet la collecte, le traitement et l'interprétation de ces données. Ensemble des données numériques concernant un phénomène quelconque et dont on tire certaines conclusions* » (définition du Larousse).

Les statistiques sont un outil mathématique qui permet de traiter des données numériques et d'en tirer des conclusions solides pour aider à leur interprétation. Les biostatistiques sont les statistiques appliquées aux phénomènes biologiques et écologiques. Elles reposent sur l'émission d'hypothèses validées ou non par des tests régis par des lois mathématiques. C'est donc un outil puissant et indispensable pour traiter des données en biologie.

Marketing

« *Ensemble des actions qui ont pour objet de connaître, de prévoir et, éventuellement, de stimuler les besoins des consommateurs à l'égard des biens et des services et d'adapter la production et la commercialisation aux besoins ainsi précisés* » (définition du Larousse).

La science du marketing élabore des stratégies ayant pour objet de connaître, de prévoir voire de stimuler les besoins des consommateurs à l'égard de nouveaux produits et donc d'adapter la production et la commercialisation. L'analyse de marché est donc la priorité numéro une pour les entreprises de biotechnologies marines qui développent et commercialisent de nouveaux produits sur le marché.

VÉGÉTAUX MARINS

Champ de laminaires en Bretagne. © J. Collen.Station biologique de Roscoff / UPMC - CNRS

« Il y a un énorme potentiel de valorisation des macroalgues notamment en santé et en nutrition animale et humaine. Aujourd'hui, l'effort de recherche alloué aux végétaux marins est bien plus faible que pour les plantes terrestres, il reste donc une grande marge de découverte au niveau applications industrielles. A titre d'exemple, chez OLMIX, nous travaillons surtout sur la valorisation des algues vertes pour les domaines de santé-nutrition animale et végétale ».

Pi Nyvall Collen, responsable Recherche et Développement chez OLMIX.

« Le potentiel des végétaux marins pour la cosmétique est extraordinaire et déjà largement exploité avec plus de 300 actifs recensés sur le marché, y compris parmi les plus grands noms de la cosmétique. On les retrouve aussi bien dans les gammes anti-âge, hydratantes, amincissantes que dans les produits éclaircissants. Et chaque année, il en sort de nouveaux car la cosmétique a besoin d'innovation : une nouvelle algue ou une nouvelle plante marine, une nouvelle activité… A quand un filtre solaire issu du monde marin ? Un nouvel agent texturant ? Innover tout en gardant en tête les contraintes réglementaires de notre secteur est primordial pour assurer la pérennité d'un actif sur le marché ».

Sandrine Morvan, directrice DCLI-C

Développement-Conseil-Législation-Innovation en Cosmétique

Les végétaux marins regroupent l'ensemble des macroalgues et des plantes halophiles. Avec une production annuelle d'algues d'un peu plus de 70 000 tonnes, la France se situe au 10ème rang mondial très loin derrière la Chine, premier producteur et consommateur au niveau mondial avec quelques 12 millions de tonnes. L'exploitation des macroalgues à l'échelle mondiale reste cependant marginale par rapport à la production végétale terrestre (Person, 2010). Environ 90% de la production française vient de Bretagne, des côtes du Nord-Finistère et de l'archipel de Molène essentiellement, où 35 bateaux goémoniers ramènent à terre environ 65 000 tonnes de laminaires par an. Quelques 1 000 récoltants à pied (dont 500 saisonniers) cueillent aussi 6 000 tonnes d'algues de rive (Bras, 2014). Cette biomasse représente une richesse locale, naturellement renouvelable, à partir de laquelle sont extraits des composés d'intérêt tels que les hydrates de carbone et les métabolites secondaires.

Les domaines d'application sont multiples : alimentation (humaine, animale et « ingrédients » pour la formulation), santé (humaine et animale), cosmétique, agriculture et nutrition végétale (engrais, éliciteurs), industries textiles et biomatériaux (notamment les bioplastiques), dépollution et détoxification environnementale, biocarburant, etc.

Cette chaîne de valeur est structurée en quatre phases :

- Phase 1 : Etudes préalables,
- Phase 2 : Optimisation, culture à terre et en mer, récolte,
- Phase 3 : Procédés, transformation,
- Phase 4 : Exploitation et commercialisation du produit fini.

V.1. PHASE 1 : ÉTUDES PRÉALABLES

La première étape de la chaîne de valeur est la réalisation d'études préalables afin de s'assurer de la pertinence du projet à mener. Ces études comprennent trois volets, à savoir un état des lieux des ressources disponibles permettant de garantir la disponibilité en biomasse pour envisager une exploitation durable, une analyse de marché afin de s'assurer de la demande des consommateurs pour les produits envisagés et enfin une veille technologique.

V.1.1. État des lieux des ressources disponibles (qualité et quantité)

L'état des lieux des ressources disponibles nécessite des connaissances et des compétences en **biologie végétale** (taxonomie, physiologie végétale, génétique et biologie cellulaire). Un volet **écologie** permet de mener des suivis spatio-temporels afin de savoir comment varie la ressource directement sur le terrain. Cette activité relève des métiers de **chercheur**, d'**ingénieur de recherche** ou d'**ingénieur R&D**.

En effet, le choix des végétaux marins à valoriser est une étape primordiale qui doit être réalisée en amont de la chaîne de valeur afin de s'assurer de la qualité et de l'abondance naturelle des espèces à récolter. Il s'agit également de prendre en compte une potentielle variabilité spatio-temporelle des composés d'intérêt au sein de la biomasse.

Pour réaliser cet état des lieux des ressources disponibles, des compétences complémentaires peuvent être apportées par un **cartographe – géomaticien**.

Cartographe – géomaticien (H/F)

Code ROME : M1808

Le **cartographe – géomaticien** travaille sur la réalisation de cartes à partir de données numériques et d'outils statistiques (évolution de données). Il maîtrise donc l'analyse spatiale et statistique, ainsi que les outils informatiques de type SIG (Systèmes d'Informations Géographiques). Il peut créer des cartes 2D ou 3D qu'il réalise sur un support papier ou numérique. C'est un professionnel spécialement formé à créer des représentations de la réalité du terrain. Le cartographe doit maîtriser les outils graphiques et informatiques. Il est à l'écoute des besoins des utilisateurs pour lesquels il réalise les documents.

V.1.2. Choix des espèces

Les choix des espèces et du matériel biologique à récolter ou à cultiver sont du ressort des **chercheurs** et **enseignants-chercheurs**, dont les métiers transverses à la chaîne de valeur ont été présentés antérieurement. Leurs connaissances sur la **biologie des végétaux marins** et leur expertise permettront un choix judicieux d'espèces à récolter ou à cultiver.

Dans cette partie de la chaîne de valeur, **chercheurs** et **enseignants-chercheurs spécialistes en taxonomie** travaillent en collaboration avec les **ingénieurs R&D** ou des **chefs de projet** au sein d'entreprises privées pour s'accorder sur la ou les espèce(s) à valoriser.

V.1.3. Choix du site

Les algues sont récoltées à pieds sur l'estran par les **récoltants d'algues de rive**, ou par bateau par les **goémoniers**.

Les 35 bateaux goémoniers ramènent à terre environ 70 000 tonnes de laminaires par an tandis que la collecte d'algues de rive représente une quantité de 6 000 tonnes par an.

D'après le Comité Régional des Pêches Marines et des Élevages Marins de Bretagne, sur les 5 802 tonnes d'algues de rive récoltées en Bretagne en 2014, le Finistère est le département le plus exploité avec 3 661 tonnes récoltées, soit 63,1%. Les Côtes d'Armor arrivent en deuxième position avec 2 138 tonnes, soit 36,8%, suivis de l'Ille-et-Vilaine (0,1% de la cueillette) et du Morbihan

En 2014, les algues les plus récoltées en Bretagne ont été *Ascophyllum nodosum* (28,1%), *Fucus serratus* (27,1%), *Fucus vesiculosus* (25,7%) et *Chondrus crispus* (9,5%).

La culture d'algues et de plantes halophiles est une activité encore récente en France et en Bretagne. Quelques industries commencent à obtenir des concessions pour exploiter des parcelles de mer mais on est loin des quantités d'algues cultivées en Asie.

Les métiers de **récoltants d'algues** et d'**algoculteur** sont présentés ci-dessous.

Goémoniers et récoltants d'algues de rive (H/F)

Code ROME : A1404

Le mode de récolte des algues par bateau ou par cueillette à marée basse correspond à deux métiers bien différents. Notons ici que le terme « goémonier » est employé pour désigner les récoltants d'algues en mer mais également les bateaux.

Les **goémoniers** travaillent en mer et récoltent les macroalgues de fond (généralement des laminaires) tandis que les **récoltants d'algues de rive** récoltent les macroalgues directement sur l'estran. En 2014, on comptait 86 récoltants d'algues de rive en Bretagne et Pays de la Loire. L'intégralité de la récolte d'algues de rive en Bretagne se fait sur le littoral finistérien, et il existe uniquement un seul récoltant connu en Pays de la Loire.

Le littoral breton est découpé en 79 zones, et les algues sont classées selon 8 groupes : fucales (53% de la récolte), *Ascophyllum nodosum* (28,1%), *Chondrus crispus* (9,5%), laminaires, algues rouges, algues vertes, *Porphyra spp* et « autres algues ». La récolte des algues de rive représente presque 10% de la récolte globale en France (environ 6 000 tonnes pour environ 70 000 tonnes au total). Ils peuvent également récolter des plantes halophiles telles que la salicorne, l'obione, la soude ou encore la spartine.

Pour pouvoir exercer leur profession, les **goémoniers** doivent avoir des licences et autorisations de récolte de la part de la DDTM (Direction Départementale des Territoires et de la Mer) et du CRPMEM (Comité Régional des Pêches Maritimes et des Élevages Marins) de Bretagne, tandis que les **récoltants d'algues de rive** doivent avoir les autorisations des affaires maritimes. Il existe deux statuts différents pour les récoltants d'algue de rive, suivant leur activité de récolte. Dans le cas d'une activité occasionnelle, ils doivent s'enregistrer sous le statut TESA (Titre Emploi Simplifié Agricole) alors que dans le cas d'une activité professionnelle, il existe deux statuts possibles : ENIM (Etablissement National des Invalides de la Marine) ou MSA (Mutualité Sociale Agricole).

Ces professionnels des végétaux marins, à la base de la chaîne de valeur, récoltent la biomasse et donnent des informations sur l'état des lieux des ressources disponibles. Ils doivent également déclarer toutes leurs pêches (quantité) et préciser le(s) lieu(x) de récolte.

Les **goémoniers** et **récoltants d'algues de rive** doivent principalement connaître la biomasse, les espèces à récolter ainsi que leurs cycles de développement. Ils travaillent sur le terrain pour réaliser les prélèvements, parfois dans des conditions difficiles (pluie, vent, froid, humidité). Ils doivent connaître les gestes de préservation des espèces (coupe *versus* arrachage selon l'espèce récoltée).

Leur activité étant considérée comme de la pêche, ils doivent travailler avec les comités de réglementation des pêches sous l'autorité du préfet de région. Ils connaissent également les quotas maximaux de récolte et les décrets préfectoraux d'ouverture et de fermeture de la pêche concernant les espèces de macroalgues ou de plantes halophiles.

Algoculteur (H/F)

Code ROME : A1404

Les **algoculteurs**, également appelés paysans de la mer, cultivent des algues en mer ou en bassins artificiels sur divers supports facilitant la récolte. La production est saisonnière, la pousse se faisant d'avril à novembre. Le métier d'algoculteur demande des connaissances en **biologie** et **écophysiologie des algues**, notamment sur leur cycle de reproduction afin d'optimiser les cultures.

Indépendamment des connaissances scientifiques et techniques, les **algoculteurs** doivent s'intéresser à la faisabilité de leur projet. En effet, certaines parcelles de mer sont inexploitables (sites classés Natura 2000 par exemple), ou nécessitent l'autorisation de la part d'instances telles que les affaires maritimes. Ils doivent se tenir informés des mesures liées au Grenelle de l'environnement, des nouvelles normes environnementales et des directives européennes. Une veille permanente est donc indispensable. La commune impliquée sur la zone mène également des enquêtes publiques auprès des citoyens. Une synthèse des résultats est ensuite réalisée par la DDTM (Direction Départementale des Territoires et de la Mer) qui donne ou pas son accord pour l'obtention d'une concession en mer.

Dans le cas d'une activité d'algoculture en milieu naturel, les **algoculteurs** montent un dossier auprès de la DDTM au sein du Service du Littoral, pôle Gestion du littoral pour obtenir les autorisations et vérifier qu'ils sont bien conformes à la loi.

Les **algoculteurs** possèdent des compétences scientifiques et techniques sur la **biologie** et l'**écophysiologie des végétaux marins**. Ils maitrisent aussi les **techniques de cultures cellulaires** et sont capables de suivre des normes de qualité et d'hygiène indispensable au bon fonctionnement de leur laboratoire.

Ce sont des hommes et femmes de terrain, qui ne redoutent pas de travailler dans des milieux humides et souvent froids, notamment en hiver. Ils aiment passer du temps dehors et savent travailler seul(e)s.

Ils doivent aussi avoir des connaissances en **droit maritime** et sur la législation relative à l'utilisation des milieux naturels. Ils savent à qui s'adresser pour obtenir des financements et des autorisations de culture sur des parcelles de mer ou dans des bassins artificiels.

V.1.4. Analyse de marché

La partie amont de l'analyse de marché qui nous intéresse ici est assurée par le **chargé d'études en marketing** (cf section des métiers transverses). Cette analyse permet de s'assurer de la pertinence du projet, et de l'intérêt pour les consommateurs de la mise sur le marché de nouveaux produits.

V.1.5. Veille

La veille technologique est assurée par **l'ingénieur brevets**. Ce métier étant transverse aux quatre chaînes de valeur, il est présenté dans la première partie de l'annuaire.

V.2. PHASE 2 : OPTIMISATION / MAÎTRISE DE LA PRODUCTION

La deuxième étape de la chaîne de valeur consiste en l'optimisation et la maîtrise de la production. L'optimisation passe par le choix du matériel biologique et du site. Elle nécessite des connaissances pointues en **écophysiologie**, **génétique**, **phytotechnie** et **pathologies des végétaux marins**. Différents spécialistes vont donc s'associer et mettre en commun leurs connaissances et compétences afin d'optimiser la chaîne de valorisation. Enfin, un choix pertinent du matériel de récolte et sa maintenance sont des points importants pour assurer une qualité optimale de production. Les tâches associés à cette phase de la chaîne de valeur sont donc assurées par des **techniciens** et **ingénieurs** généralistes en **génie biologique**.

V.2.1. Matériel biologique : semences, plantules

Une première étape d'ensemencement des supports de culture est nécessaire, et trois techniques peuvent être utilisées (Aquaculture, sous la direction de Christiane Ferra, 2008) :

- Le captage naturel : les supports sont installés à proximité directe des peuplements naturels, et les individus viennent s'y fixer. Cette technique est de moins en moins utilisée, le succès étant trop dépendant des conditions environnementales (photopériode, courant, température, salinité),
- Le bouturage : des fragments d'algues issus de la récolte précédente sont insérés dans les cordages qui seront mis en mer. Cette technique est plus efficace que celle du captage naturel mais demande beaucoup de main d'œuvre,
- La production de plantules en écloserie : cette technique qui a permis l'essor de l'algoculture est plus ou moins longue et complexe selon l'espèce considérée. Le but est de maîtriser la libération des éléments reproducteurs des végétaux marins (macroalgues) par le contrôle des paramètres physico-chimiques (température, lumière, photopériode). Les spores (cellules de reproduction donnant des nouveaux individus sans reproduction) viennent se fixer sur un support (filet, cordelette) qui sera par la suite déployé sur le site. La phase de grossissement en mer peut démarrer lorsque les plantules ont atteint une taille suffisante.

Si le site est artificiel, les macroalgues sont cultivées en bassins intérieurs ou extérieurs de type « raceway », avec un renouvellement en eau de mer et un suivi des paramètres physico-chimiques.

V.2.2. Génétique

La génétique intervient à ce stade de la chaîne de valeur pour l'optimisation des cycles de reproduction et la croissance des cultures algales. Les **généticiens** peuvent aider à l'identification des espèces par des techniques de **biologie moléculaire**, afin de s'assurer du genre et de l'espèce étudiée. Le métier de **généticien** s'inscrit dans la partie des métiers transverses aux quatre chaînes de valeur (**enseignant-chercheur**, **chercheur en génétique**) et est donc présenté en première partie de l'annuaire.

V.2.3. Phytotechnie

La **phytotechnie** (de *phyto-* « plante » et *technie-* « art ») est la science de la culture d'algues et de plantes halophiles. Elle requiert les compétences associées au métier d'**algoculteur** présenté dans la partie V.1.3 sur le choix des espèces.

Le travail de phytotechnie est du ressort des **chercheurs**, **ingénieurs** ou **techniciens**. Il peut se faire en collaboration avec des **écophysiologistes** afin de s'assurer du genre et de l'espèce du végétal cultivé.

VÉGÉTAUX MARINS

Écophysiologiste végétal (H/F)

Ces spécialistes en **biologie végétale** ont des connaissances sur les biomolécules d'intérêt présentes dans les biomasses marines selon la saisonnalité. Ils sont à même de conseiller sur la période de récolte afin de bénéficier d'une concentration optimale en composés valorisables.

Leur intervention pourra être bénéfique afin de choisir la ou les espèces les plus riches en composés d'intérêt en fonction de la période de récolte.

Compétences requises

Biologie végétale, physiologie végétale, biochimie, génie des procédés.

V.2.4. Pathologies

Les pathologies des végétaux marins sont dues à des microorganismes (bactéries, virus, champignons) dont l'étude est assurée par des **microbiologistes**. Ces spécialistes interviennent dans la chaîne de valeur afin d'éviter toutes pathologies pouvant mener à des pertes en biomasses ou à un amoindrissement de la qualité des composés à valoriser. Ils peuvent sélectionner la ou les espèces de macroalgues les plus résistantes aux différents pathogènes présents dans le milieu. Dans le cas ou les macroalgues seraient infectées, ils sont capables d'identifier le pathogène et vont proposer des solutions afin de préserver l'exploitation et la production.

Compétences requises

Microbiologie, biochimie, chimie, biologie cellulaire et moléculaire.

V.2.5. Matériel de récolte

Que la récolte des macroalgues se fasse sur l'estran en milieu naturel ou en milieu artificiel, elle doit être non destructive et non invasive pour les thalles juvéniles. Elle est généralement assurée par des **techniciens**, qui travaillent seuls ou, dans certains cas, assistent un **chercheur** ou un responsable de niveau **ingénieur d'étude**. La technique ne doit pas abimer les macroalgues et les points de coupe doivent être précisément trouvés afin de préserver au mieux le thalle adulte.

Le **technicien de récolte** travaille sur le terrain, il récolte ou aide à la récolte, à la prise de notes et au transport du matériel. Il veille à la sécurité lors des manipulations.

V.2.6. Maintenance

Techniciens de maintenance (H/F)

La maintenance est généralement réalisée par des **techniciens** de niveau Bac pro ou bac +2 spécialisés dans ces domaines. Les missions principales sont le contrôle, la réparation et l'entretien du matériel de culture d'algues (bassins, tuyaux, filtres, etc.) et de récolte (navires, « scoubidous », quadrats pour l'estran) afin de conserver une activité de culture et de récolte importante au moment voulu et d'assurer une quantité de biomasse suffisante pour y extraire des composés d'intérêt.

Compétences requises

Mécanique, électronique, électrotechnique, dessin technique.

V.3. PHASE 3 : PROCÉDÉS / TRANSFORMATION

La 3ème phase de cette chaîne de valeur consiste en la récolte, la culture et la transformation de la biomasse végétale. Les premières expériences afin de stabiliser, extraire, fractionner, purifier et caractériser la ou les molécules d'intérêt sont réalisées au laboratoire, afin de s'assurer de la faisabilité des différentes étapes. La recherche des propriétés techno-fonctionnelles permet de garantir une utilisation pertinente de la fraction obtenue. Une fois que toutes ces étapes ont été validées à l'échelle du laboratoire, un scale-up (mise à l'échelle) permet de lancer une production à échelle pilote puis industrielle. L'**ingénieur R&D** veille au bon fonctionnement de ce changement d'échelle, et réajuste le protocole si besoin. Enfin, le **responsable qualité** veille au respect de la réglementation et à la qualité des produits créés.

V.3.1. Développement des procédés : stabilisation, extraction, fractionnement, purification, caractérisation / propriétés techno-fonctionnelles / tests *in vitro*, sur modèles cellulaires (*ex vivo*), *in vivo*

Alors qu'au plan mondial, l'essentiel de la production d'algues sert à l'alimentation humaine en tant que « légume », la plupart des algues bretonnes sont aujourd'hui encore utilisées dans l'industrie alimentaire pour la fabrication de colloïdes : alginates, agar agar, carraghénanes (Bras, 2014). Les végétaux marins contiennent également des métabolites secondaires dotés de propriétés biologiques d'intérêt (activités antioxydantes, photoprotectrices, antivirales, anti-inflammatoires, antibiotiques, etc.). Ces deux grandes familles de molécules intéressent l'industrie.

Pour libérer les polysaccharides et les métabolites secondaires, les tissus sont déstructurés par des procédés mécaniques. Le développement des procédés, l'étude des propriétés techno-fonctionnelles et la mise en place de tests *in vitro*, *ex vivo* et *in vivo* sont du ressort des **chercheurs**, **enseignant-chercheurs** et **ingénieurs de recherche** spécialisés en **biologie** et **biochimie**. Dans le cas d'une recherche partenariale avec une entreprise, ces étapes sont menées en collaboration avec l'**ingénieur R&D**, **production** ou **qualité** et/ou les **techniciens**.

La **stabilisation** consiste en la préservation de la biomasse fraiche sans altération, avant sa transformation. A l'échelle du laboratoire, la lyophilisation est une technique couramment employée et permet de conserver l'échantillon intact pour une durée infinie.

L'**extraction** est l'étape pendant laquelle le composé d'intérêt est extrait de la biomasse déstructurée. Les biomasses sont traitées par l'acide pour extraire les alginates tandis que l'extraction des métabolites secondaires est obtenue par extraction liquide-liquide à l'aide de solvant de polarités différentes. Une fois l'extraction réalisée, le fractionnement et la purification des métabolites secondaires permettent de sélectionner la molécule recherchée afin de l'isoler et de la concentrer. Ces étapes font souvent appel à différentes techniques de chromatographie et/ou de filtration.

Enfin, la **caractérisation** assure la présence de la molécule d'intérêt dans la fraction recueillie, et fait souvent appel à la technique de la RMN du proton et/ou du carbone (Résonance Magnétique Nucléaire).

L'évaluation des **propriétés techno-fonctionnelles** des colloïdes issus des macroalgues fait appel à des techniques de rhéologie.

Au fur et à mesure des étapes, **biologistes** et **biochimistes** réalisent des séries de tests *in vitro* (tests d'activités biologiques i.e. antioxydantes, photoprotectrices, antivirales, anti-inflammatoire, antitumorales, etc.), sur modèles cellulaires (aussi appelé *ex vivo*) et enfin *in vivo*.

Compétences requises

Biologie, biochimie, chimie, génie des procédés.

VÉGÉTAUX MARINS

V.3.2. Études cliniques

Bien que la majorité des végétaux marins soit utilisée à des fins agroalimentaires ou cosmétiques, une partie des molécules extraites peuvent présenter des propriétés intéressantes dans les domaines médicaux et pharmacologiques, telles que des activités antitumorale ou antihyperlipidémiante. Dans le cas de valorisation des végétaux marins dans ces domaines d'application, des études cliniques sont nécessaires avant la mise en place de la molécule sur le marché et sont assurées par des **techniciens d'études cliniques** et des **médecins investigateurs**.

Technicien d'étude cliniques (TEC) / Médecin investigateur (H/F)

Codes ROME : H1210 / J1201

Avant de pouvoir introduire un composé d'intérêt dans un produit fini, un essai clinique est nécessaire. L'essai clinique est une recherche biomédicale organisée et pratiquée sur l'Humain en vue du développement des connaissances biologiques ou médicales. Il a pour objectif de vérifier l'efficacité et l'innocuité de la (des) molécule(s) active(s). Il intervient à la suite des essais *in vivo*, si ces derniers ont été satisfaisants. Une fois le protocole d'étude élaboré (nombre de patients nécessaires, durée de l'étude, coût), l'étude doit être validée par le CPP (comité de protection des personnes). Si le composé fait l'objet d'un nouveau médicament, l'accord en amont de l'ANSM (Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé) est nécessaire (http://ansm.sante.fr/). Le composé d'intérêt est comparé à un placebo ou à une molécule déjà existante afin de déterminer s'il est plus ou moins efficace que celle-ci. L'essai clinique permet d'évaluer la dose à laquelle il est efficace, son éventuelle toxicité et la nature et la fréquence des essais, et enfin les effets indésirables qu'il peut engendrer. La plupart des études s'étale sur une durée qui varie entre 1 et 5 ans et peuvent comprendre entre 50 et des milliers de patients.

Après avoir eu l'accord des organismes cités ci-dessus (CPP et ANSM), il s'agit d'informer le patient sur le déroulement de l'étude. Dans tous les cas, le patient signe un consentement.

Puis, selon les besoins de l'étude, le patient reviendra régulièrement sur une période qui va de 6 mois à 2 ans pour répondre à un questionnaire permettant de recueillir les données inhérentes à l'étude.

Le **technicien d'études cliniques** gère les données recueillies auprès des patients et traite les informations qu'il peut en tirer puis les diffuse au **médecin investigateur**.

Notons ici que dans le cas d'une recherche partenariale avec une entreprise privée, l'**ingénieur R&D** est l'interlocuteur du technicien et du médecin en charge des essais cliniques.

Compétences requises

Le métier de **technicien d'études cliniques** requiert des connaissances générales en **biologie médicale**, notamment en techniques de prélèvements. Une aisance à l'oral pour la prise en charge et la confiance avec le patient est indispensable. Il doit être rigoureux et organisé, tout en sachant rédiger, mettre en forme et transmettre des rapports sous forme écrite et orale.

Le **médecin investigateur** doit être à l'écoute de ses patients. Il est capable de leur expliquer de façon simple et claire le déroulement de l'étude et de leur présenter les résultats.

V.3.3. Exploitation et maintenance / changements d'échelle (scale-up)

Les activités des **responsables de production** et de **maintenance** font partie des métiers transverses décrits au début de l'annuaire. Ces professionnels organisent les étapes de la production, planifient et suivent le travail de maintenance en accord avec le **responsable R&D**.

V.3.4. Contrôle qualité / traçabilité / réglementation / homologation

Le **responsable qualité** est le garant de la qualité et de la traçabilité des produits fabriqués et veille à la bonne mise en œuvre et au respect de la réglementation au sein de la chaîne de production.

Il est capable de « tracer son produit », c'est-à-dire qu'il sait d'où vient la matière première, les traitements subis, et connaît toutes les étapes de transformation.

Il veille au respect de la réglementation et des normes et est l'interlocuteur de référence pour les clients.

Quant à l'homologation, elle est généralement assurée par l'**ingénieur R&D** et le **responsable qualité**. Ils élaborent et gèrent des dossiers **toxicologiques** et **écotoxicologiques** d'homologation pour les produits afin d'obtenir les autorisations demandées, telles que la mise en place ou le maintien sur le marché. Ils dressent le bilan des données scientifiques disponibles sur la molécule ou le produit d'intérêt à homologuer et déterminent les études à mettre en place pour en évaluer les risques (physico-chimie, toxicologie, écotoxicologie). Ils assurent le suivi des études avec l'aide d'un expert et compilent l'ensemble des données selon les exigences réglementaires. Ils rédigent les dossiers en respectant les exigences des directives et le soumettent aux instances administratives concernées (européenne, française ou autre pays). Ils assurent aussi le suivi post-homologation pour les AMM (autorisations de mise sur le marché) provisoires.

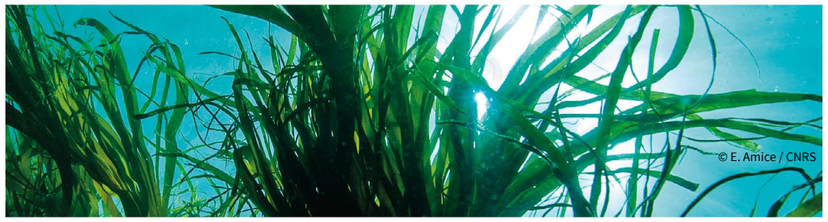
Des compétences dans les domaines d'expertise tels que la **toxicologie** et l'**écotoxicologie**, ainsi que dans les procédures d'homologation françaises et européennes sont requises. Il faut être capable d'analyser avec rigueur et de synthétiser. Enfin, une collaboration étroite avec les services marketing et commercial est nécessaire afin d'être efficace et de proposer rapidement un produit stable et répondant aux attentes des consommateurs.

Selon Mesnildrey *et al.* (2012), les macroalgues fournissent trois grandes familles d'hydrocolloïdes :

Les **alginates** sont extraits de laminaires (*Laminaria hyperborea*, *Laminaria digitata*) et utilisés pour leurs nombreuses propriétés : épaississantes, gélifiantes, absorbantes et imperméabilisantes. La production d'alginates sert principalement pour la stabilisation des colorants, et pour l'imperméabilisation dans l'industrie du textile. Ils sont également utilisés par les industries agroalimentaires pour la fabrication de crèmes glacées, de confitures etc. Par ailleurs, ils sont utilisés dans la transformation du papier, la fabrication de baguettes de soudures, les biotechnologies et de nombreux autres produits.

Les **carraghénanes** sont extraits des algues rouges *Chondrus crispus* et *Mastocarpus stellatus*, et sont utilisés pour la fabrication de produits laitiers pour leurs propriétés épaississantes, gélifiantes et stabilisantes. Les carraghénanes provenant d'algues rouges importées (*Kappaphycus* et *Eucheuma* de la zone Indo-Pacifique) sont utilisés pour l'alimentation animale. La reconstitution de viandes et particulièrement la fabrication de jambons nécessitent l'adjonction de carraghénanes car ces agents permettent à la viande d'être plus tendre. Les carraghénanes sont également utilisés pour la fabrication de produits allégés.

L'**agar-agar** est obtenu à partir d'algues rouges telles que *Gelidium spp.*, *Gracilaria spp.* et *Porphyra spp.* L'agar-agar est un agent gélifiant qui reste stable à des températures relativement élevées. Ce produit est thermoréversible à plus de 85°C et se re-solidifie lorsqu'il est refroidi, propriété recherchée pour les substrats utilisés dans les cultures microbiologiques. Il est également utilisé dans l'industrie agroalimentaire en tant qu'agent épaississant et stabilisant pour les tartes, crèmes glacées et autres plats préparés. Il est aussi utilisé dans la fabrication de confiserie car il n'a pas de goût et le sucre augmente sa puissance gélifiante. Il est donc une alternative aux gélatines d'origine animale.



Représentation de la biodiversité des macroalgues marines. De haut en bas : algue rouge / algue brune / algue verte

V.4. PHASE 4 : EXPLOITATION / COMMERCIALISATION

C'est la dernière étape avant le lancement du produit sur le marché. Elle est structurée en quatre sous-parties, à savoir la formulation, l'innovation, l'emballage et enfin les aspects liés au marketing.

V.4.1. Formulation

La formulation est réalisée par un **responsable en formulation / galénique**, dont le métier a été préalablement décrit en première partie de l'annuaire. Dans le domaine de l'exploitation des macroalgues, les secteurs visés sont nombreux : cosmétique, alimentation, nutraceutique et les formulateurs sont généralement spécialisés dans un domaine d'application.

V.4.2. Innovation, propriété intellectuelle

Les innovations sont du ressort de l'**ingénieur R&D** qui doit trouver des pistes encore non explorées pour valoriser les ressources marines. Il peut dans certains cas se faire épauler par un **consultant en management de l'innovation** dont le cœur de métier est d'analyser l'activité de l'entreprise et de la conseiller sur des voies d'innovation encore non exploitées.

Quant au volet lié à la propriété intellectuelle, il permet de protéger l'inventeur d'une innovation (mise en place d'un nouveau protocole, découverte d'une activité biologique d'une molécule marin, etc.) par le dépôt d'un brevet. Ce brevet et la protection qu'il génère peut être soit déposé par l'**ingénieur R&D**, soit par une personne spécialisée dans ce domaine, généralement un **ingénieur brevet** travaillant dans un cabinet privé.

V.4.3. Emballage, conditionnement

On retrouve également ici un métier transverse aux quatre chaînes de valeur, à savoir celui de **responsable packaging**. C'est lui qui va dessiner l'emballage, le concevoir, choisir les matériaux dans le but de déclencher une action d'achat chez le consommateur.

V.4.4. Marketing, distribution, communication

Le marketing, la distribution et la communication sont gérés par le **responsable marketing** et le **responsable logistique** de l'entreprise. Ces derniers assurent la mise sur le marché de leur nouveau produit, travaillent la communication et veillent à la bonne distribution auprès des clients.

VÉGÉTAUX MARINS

MICROALGUES ET AUTRES MICROORGANISMES

En haut : microorganismes en cultures sur boites de Pétri. © GEPEA
En bas : culture de microalgues en photobioréacteur. © GEPEA

« *A l'heure actuelle, une infime partie des microorganismes marins a été décrite, ce qui laisse un potentiel énorme de recherche et de développement à partir de cette biomasse. L'un des avantage de travailler avec des microorganismes est que l'on contrôle tous les paramètres de culture. Ainsi, nous sommes sûrs de la qualité des molécules obtenues car ils sont naturellement programmés pour produire toujours la même molécule. Les domaines d'application des produits issus de microorganismes sont vastes : cosmétique, pharmacologie, agroalimentaire, chimie de l'eau et phytosanitaires, etc.* ».

Bertrand Thollas, directeur général de Polymaris Biotechnology.

« *Les microalgues ont un énorme potentiel de création de valeur et représentent un réservoir d'innovation important. Il existe actuellement une action coordonnée de quatre pôles de compétitivité à l'échelle nationale (Industries et Agro-Ressources, Trimatec, Pôle Mer Bretagne Atlantique et Pôle mer Méditerranée) avec un double objectif : sensibiliser et informer le grand public sur le potentiel des microalgues et susciter l'intérêt des professionnels tels que les financeurs et les clients potentiels* ».

Patrick Durand, chargé de mission biotechnologies marines au Pôle Mer Bretagne Atlantique et Ifremer Nantes.

Les microorganismes sont, par définition, des organismes de taille inférieure à 0,2 mm. Ils sont regroupés dans les trois domaines du vivant : bactéries, archées et eucaryotes (microalgues et champignons microscopiques).

Les microorganismes retrouvés dans les océans, mais également dans des milieux non salés et saumâtres, jouent des rôles majeurs dans le fonctionnement des écosystèmes. En effet, de par leur très grande diversité, ils peuvent exercer une multitude de fonctions telles que former la base des chaînes trophiques en tant que producteurs primaires, recycler la matière organique et participer aux grands cycles biogéochimiques (carbone, azote, soufre, fer, silice, etc.).

Ils sont retrouvés dans tous les écosystèmes marins, des environnements côtiers aux abysses. Au cours de leur évolution, ils ont su s'adapter à tous les types d'environnements en mettant en place des métabolismes variés et en synthétisant un panel de molécules dont certaines fonctionnent dans les conditions les plus extrêmes de pH, température, salinité, etc.

Grâce aux techniques de génie génétique, on peut faire synthétiser des molécules d'intérêt par des bactéries à culture simple et à croissance rapide, telle que *Escherichia coli*. Ainsi, certains microorganismes dont les gènes ont des mécanismes de transcription et de traduction bien connus peuvent être considérés comme des « mini usines ». Grâce à ces techniques qui seront détaillées dans la suite de ce chapitre, ces molécules peuvent présenter un intérêt dans différents domaines d'applications, tels que la nutrition humaine et animale, la médecine, la pharmacologie, la détoxification de l'environnement, etc.

Cette chaîne de valeur est structurée en quatre phases :

- Phase 1 : Etudes préalables,
- Phase 2 : Isolement et sélection du microorganisme,
- Phase 3 : Procédés d'ingénierie, culture et récolte du microorganisme,
- Phase 4 : Validation des essais et mise en place sur le marché.

MICROALGUES ET AUTRES MICROORGANISMES

M.1. PHASE 1 : ÉTUDES PRÉALABLES

La première étape de la chaîne de valeur est la réalisation d'études préalables afin de s'assurer de la pertinence du projet à mener. Dans le cas de la valorisation des microorganismes, ces études comprennent cinq volets :

1. une phase de concertation avec une entreprise dans le but de réaliser une étude de marché afin de s'assurer qu'il existe bien une demande des consommateurs pour un nouveau produit et de cerner les microorganismes et/ou leurs activités susceptibles de répondre au besoin précédemment identifié,

2. le choix des écosystèmes à étudier selon les microorganismes potentiellement présents,

3. la mise en place de campagnes océanographiques d'échantillonnage et la collecte d'échantillons (en pleine mer, dans les sources hydrothermales, en zone littorale, dans les marais, lacs et rivières, etc.),

4. la mise en culture de souches microbiennes (pures si possible) suivie d'un criblage pour repérer les souches possédant des activités d'intérêt et/ou une étude métagénomique (extraction des génomes microbiens et exploration de données par la technique du « data mining ») permettant de réaliser un criblage des génomes et des activités d'intérêt,

5. une veille technologique, indispensable afin de connaître les nouveaux brevets ou les nouvelles innovations mises sur le marché.

Enfin, la mise en place d'une souchothèque peut permettre à l'entreprise ou à l'université de travailler avec des souches préalablement identifiées et stockées pour être plus rapide et efficace sur les tests en laboratoire.

M.1.1. Concertation avec l'entreprise et analyse de marché

L'analyse du marché est assurée par le **chargé d'études en marketing**. Cette analyse permet d'évaluer l'équilibre entre la valeur ajoutée du produit fini et les efforts de recherche et de production. La stratégie de production doit être revue si ces efforts sont trop importants en terme de coûts, de moyens humains et de matériels par rapport à la valeur ajoutée du produit final.

M.1.2. Choix des écosystèmes

Le choix des écosystèmes à étudier nécessite d'importantes connaissances en **microbiologie** (et plus particulièrement en **écologie microbienne**), en **biologie** et en **biochimie**, et relève donc des métiers transverses de **chercheur**, **enseignant-chercheur** et **ingénieur de recherche** décrits dans la première partie de l'annuaire. Comme cité en introduction, on retrouve des microorganismes dans tous les environnements marins. Cette extrême diversité peut s'expliquer par une abondance de molécules différentes, qui leur permettent de s'adapter à des environnements différents. Ainsi, en se penchant sur cette diversité hors du commun, il est possible de trouver des molécules d'intérêt présentes dans un écosystème bien particulier telles que les enzymes thermostables chez les microorganismes (hyper)thermophiles par exemple.

Cependant, avant de cibler un écosystème donné, il faut connaître les conditions dans lesquelles les microorganismes pourront être utilisés à des fins commerciales, il est donc indispensable de connaître les conventions et réglementations en vigueur dans les différents pays.

De ce fait, **microbiologistes**, **biologistes** et **biochimistes** travaillent ensemble en amont pour identifier un écosystème à étudier susceptible d'héberger des microorganismes d'intérêt industriel.

M.1.3. Échantillonnage / campagnes océanographiques

Professionnels de la navigation (H/F)

Code ROME : N3102

Les **professionnels de la navigation** sont des acteurs indispensables à la réalisation d'une campagne océanographique. Sans rentrer dans les détails, on peut citer les métiers de capitaine de navire, chef de pont, second, marin polyvalent, officier de pont, électricien, mécanicien, matelot. Ils assurent la navigation et la sécurité à bord et travaillent en étroite collaboration avec le chef de mission scientifique afin de connaître les objectifs à atteindre et de permettre aux scientifiques embarqués de travailler de façon optimale en mer.

Ayant suivi une formation maritime, ils prennent les décisions quant à la navigation et sont à l'écoute des scientifiques pour répondre à leurs besoins.

Compétences requises
- Une maîtrise parfaite des éléments de navigation et de cartographie,
- Des connaissances scientifiques sont un plus, ce qui peut leur permettre de participer aux échantillonnages et de se mettre au service des scientifiques embarqués.

M.1.4. Criblage des molécules et activités d'intérêt

Le criblage des activités d'intérêt relève encore une fois des compétences des **chercheurs**, **enseignant-chercheurs** et **ingénieurs de recherche**.

En **microbiologie**, le criblage des activités d'intérêt peut être réalisé selon deux procédés à partir d'un échantillon de départ contenant un mélange de microorganismes :
- par extraction de l'ADN total des microorganismes présents dans l'échantillon, suivie d'une étude métagénomique (étude de l'ensemble des génomes présents dans l'échantillon). Cette étude métagénomique permet de connaître la biodiversité présente et de cibler des gènes d'intérêt. Ces gènes pourront éventuellement être transférés dans un microorganisme facilement cultivable (par exemple *Escherichia coli*) afin que la protéine d'intérêt soit synthétisée. Cependant, si la molécule est relativement simple, l'appel à des **chimistes** pour une néosynthèse est parfois la solution la plus rapide et efficace,
- par culture de la communauté microbienne entière ou plus fréquemment, par l'isolement et la culture de souches pures présentes dans l'échantillon. Une fois les microorganismes cultivés, des mesures d'activités peuvent être réalisées afin de mettre en évidence les propriétés biologiques (par exemples, antibactériennes, antioxydantes, antifongiques, antitumorales, etc.) de la communauté ou de la souche pure.

Le criblage demande une connaissance approfondie des écosystèmes échantillonnés et des microorganismes échantillonnés. Il doit s'appuyer sur un savoir-faire de mise en culture spécifique des différentes souches à cultiver, qu'il s'agisse de microalgues, d'archées, de champignons microscopiques ou de bactéries. Il repose sur différentes stratégies adaptées aux microorganismes étudiés et aux activités ciblées (molécules dotées d'activités biologiques, enzymes, etc.).

Compétences requises

Microbiologie, biochimie, biologie cellulaire et moléculaire

M.1.5. Souchothèques / collections

Les souchothèques sont des collections de souches de microorganismes conservées dans des conditions leur permettant d'être réutilisées à tout moment. Cela permet une réactivité rapide de l'entreprise ou du laboratoire souhaitant travailler sur la synthèse de biomolécules par des microorganismes. La souche est repiquée sur un substrat adapté afin que celle-ci se développe sans contamination. Ces collections présentent de nombreux avantages mais demandent aussi de l'entretien et représentent un coût non négligeable. Dans le milieu universitaire, ce travail est réalisé en collaboration entre les **chercheurs**, **ingénieurs de recherche**, **ingénieurs d'étude** et/ou **techniciens** spécialisés en **microbiologie**. En entreprise, cette tâche peut être confiée au **responsable R&D** ou à un **technicien** responsable de la partie **microbiologie**.

M.1.6. Veille

La veille technologique est assurée par l'**ingénieur en propriété industrielle**, dont le métier est transverse aux quatre chaînes de valeur. Il est donc décrit dans la première partie de cet annuaire.

M.2. PHASE 2 : ISOLEMENT / SÉLECTION

Cette deuxième phase est structurée en deux grandes parties, à savoir :
1. la connaissance des écosystèmes marins et l'étude des mécanismes d'action par des approches multi-disciplinaires : écologie, microbiologie, biochimie, chimie, génie génétique, biologie moléculaire,

2. le criblage, l'isolement et la culture haut débit, la métabolomique et la bioinformatique.

M.2.1. Connaissances des écosystèmes marins & étude des mécanismes d'action par des approches multidisciplinaires : écologie, microbiologie, biochimie, chimie, génie génétique, biologie moléculaire

Ce premier volet est assuré par les **professionnels de la recherche** cités en première partie de cet annuaire.

Le **génie génétique** offre de nouvelles possibilités dans le domaine de la production d'enzymes avec par exemples :
- le clonage d'un gène codant pour une enzyme intéressante provenant d'un microorganisme incompatible avec une production industrielle, dans un microorganisme adapté à la production industrielle,
- la modification d'un gène d'intérêt par mutagénèse dirigée (ingénierie des protéines) afin d'obtenir une enzyme possédant des caractéristiques améliorées (par exemples, une température ou un pH optimum différents, une moindre exigence pour certains ions, etc.).

Compétences requises

Ecologie microbienne, microbiologie, biochimie, chimie, génétique, biologie moléculaire.

La connaissance des écosystèmes marins requiert une approche multidisciplinaire. Ainsi, outre la biologie, la **physique des océans** permet de mieux comprendre et même d'expliquer les processus de répartition des microorganismes marins. Ces spécialistes de la formation et de la disparition des courants et des masses d'eau à travers les océans aident à mieux interpréter, voire même prévoir, la répartition de ces espèces. Une collaboration entre **biologistes**, **chimistes** et **physiciens** est donc essentielle à la bonne compréhension des écosystèmes.

Physicien des océans (H/F)

Code ROME : K2402

Le **physicien des océans** est un scientifique de niveau Bac+5 à +8 qui s'intéresse aux masses d'eau dans le système océan, à leur formation, leurs caractéristiques et à leur comportement vis-à-vis des perturbations anthropiques, atmosphériques et bathymétriques. De formation **chercheur**, **enseignant-chercheur** ou **ingénieur**, ils consacrent une partie de leur temps aux campagnes océanographiques pendant lesquelles ils relèvent des données, puis travaillent sur ordinateurs et alimentent des programmes numériques pour modéliser la circulation des masses d'eaux dans les océans.

Leurs études permettent aux **biologistes** de mieux comprendre les aires de répartition des blooms phytoplanctoniques par exemple, et de prévoir ainsi leur apparition et leur disparition en fonction des caractéristiques physico-chimiques des masses d'eau présentes dans l'océan.

Compétences requises

À l'aise avec les modèles numériques sur ordinateurs, le **physicien des océans** a des compétences en **physique générale** mais également en **mathématiques** appliquées à la **dynamique des fluides**. Enfin, des notions de **biologie** lui sont utiles pour dialoguer avec ses collègues et travailler à l'interface physique/biologie.

M.2.2. Isolement, culture et criblage haut débit / métabolomique / bioinformatique

Différentes stratégies peuvent être envisagées en commençant, soit par le criblage des activités d'intérêt, soit par l'isolement des souches, cette dernière étant la plus couramment utilisée. La culture, l'isolement et le criblage à haut débit sont des approches permettant la culture et la sélection simultanées d'une grande diversité de microorganismes.

La **culture haut débit** associée à la « culture d'extinction » consiste à isoler (une seule cellule est déposée dans chaque puits) et à cultiver des souches microbiennes en microplaques de 96 puits. L'utilisation de techniques robotisées permet d'analyser jusqu'à une centaine de microplaques par jour. Le criblage des activités d'intérêt peut se faire parallèlement (si l'on recherche une capacité de croissance sur substrat spécifique par exemple) ou après la croissance des microorganismes. Les microorganismes présentant les plus fortes concentrations en biomolécules d'intérêt (antimicrobiens, antitumoraux, exopolysaccharides, enzymes – amylase, pectinase, etc.) sont donc sélectionnés et cultivés en grande quantité sur des milieux de culture appropriés à l'espèce et à l'activité ciblée.

Dans le cas des microalgues, leur teneur en composés d'intérêt et notamment en lipides, dépend des caractéristiques physico-chimiques du milieu. Ainsi, dans un milieu carencé en azote par exemple, certaines espèces vont synthétiser des lipides en plus grande quantité. Il est donc important de bien étudier les conditions de culture afin d'assurer une production optimale de biomolécules.

La **métabolomique** est l'étude des activités métaboliques et des molécules qui en découlent. Ces mécanismes englobent les réactions d'anabolisme (biosynthèse des constituants cellulaires) et de catabolisme (voies de production d'énergie) nécessaires au fonctionnement cellulaire.

Certaines molécules, notamment celles associées au Quorum Sensing (QS), sont synthétisées par différentes voies métaboliques et sont des molécules actives dans les relations entre le microorganisme et son environnement. Elles permettent une « communication » entre microorganismes, de se défendre en cas de stress physique ou chimique, ou encore d'assurer une vie symbiotique avec un hôte pluricellulaire.

Les études et analyses des molécules du QS nécessitent des connaissances en **génie chimique et biochimique** et sont assurées par des techniques chromatographiques associées à la spectrométrie de masse (LC/MS MS ; GC/MS) ou par analyse par isotopie (IR/MS). Elles sont donc réalisées par des **chimistes** et **biochimistes** dont les métiers ont été décrits au début de cet annuaire.

Compétences requises

Microbiologie, biochimie, chimie, biologie cellulaire et moléculaire.

La **bioinformatique** est un outil utilisé par les **microbiologistes** ou par des **bioinformaticiens** de formation. Il est aujourd'hui couramment employé et permet une approche parallèle et complémentaire à l'étude des microorganismes. Une description de cet outil est présentée dans la rubrique ci-dessous.

Bioinformaticien (H/F)

Code ROME : H1206

Le **bioinformaticien** est un scientifique de niveau Bac+5 ou Bac+8 possédant généralement une double compétence en **biologie** et en **informatique** ou un **microbiologiste** qui utilise l'informatique pour répondre à des questions biologiques. La **bioinformatique** est un outil puissant, regroupant un ensemble de méthodes et de logiciels qui permettent de gérer, stocker, manipuler et analyser des données biologiques. Certains génomes d'espèces microbiennes sont référencés dans des bases de données (ex : genbank) et le bioinformaticien compare les génomes des espèces nouvellement isolées avec ceux d'espèces déjà connues (ex : fasta, blast).

Grâce à la **bioinformatique**, il est possible de fournir des outils de comparaison de séquences pour identifier une séquence trouvée par rapport à une base de données, déterminer le degré de similitude entre deux séquences ou repérer des motifs structuraux de type gène promoteur pour un nucléotide ou zone de repliement et site actif pour un polypeptide. Cet outil permet également de fournir des outils de prédiction physiologique et fonctionnelle (par exemples, repérer un opéron, un gène ou une protéine anormale, prévoir la structure 3D d'une protéine ou repérer des mutations) ou de prédiction expérimentale (par exemples repérer des sites de restriction, prévoir la digestion d'un nucléotide, prévoir la migration de fragments nucléotidiques ou protéiques lors d'une électrophorèse).

Dans notre cas, ces corrélations servent, entre autre, à émettre des hypothèses sur la potentialité pour un microorganisme à produire une biomolécule d'intérêt.

Compétences requises

Biologie, microbiologie, biostatistiques.

De bonnes connaissances en **informatique** et en **mathématiques** sont également requises. Une maîtrise de l'utilisation et la compréhension du fonctionnement des bases de données et des logiciels de comparaisons de séquences est indispensable.

M.3. PHASE 3 : PROCÉDÉS

Cette troisième phase débute à partir du moment où le microorganisme a été sélectionné pour ses propriétés à valoriser. C'est donc ici que s'opère le passage de la culture en microplaques aux cultures en (photo)bioréacteurs.

Cette phase est découpée en deux grandes parties :

1. les procédés biologiques de culture, d'extraction, de purification de molécules, de stabilisation et de récolte,

2. le développement d'outils tels que des engins, robots et fermenteurs nécessaires aux cultures contrôlées.

M.3.1. Cultures contrôlées, (photo)bioréacteurs / extraction et bioraffinage / purification de molécules / stabilisation et vectorisation / récolte et recyclage des milieux / changement d'échelle

Les **enseignants-chercheurs**, **chercheurs** et **ingénieurs** en charge de cette partie doivent avoir une formation généraliste en **procédés biologiques**, ce qui sous-entend qu'ils sont capables de gérer des systèmes de culture en milieu contrôlé.

Concernant les cultures contrôlées, les (photo)bioréacteurs sont des enceintes dans lesquelles des microorganismes sont cultivés. Il existe une multitude de bioréacteurs différents, en fonction du type de microorganisme à cultiver. En effet, selon le type trophique (autotrophe, hétérotrophe, chimiotrophe, phototrophe), la tolérance à l'oxygène (aérobiose, anaérobiose), à la température (psychrophile, mésophile, thermophile, hyperthermophile), à la pression osmotique (halophiles), au pH ou encore à la pression hydrostatique, les microorganismes ne croissent pas tous de la même façon, et des bioréacteurs adaptés aux optimums de chaque microorganisme sont nécessaires.

Ainsi, une fois le bioréacteur sélectionné, les microorganismes destinés à des applications industrielles sont mis en culture dans des fermenteurs à agitation rotative, de taille allant de 3 litres à plus de 100 000 litres. Des ordinateurs permettent de contrôler les informations fournies par différentes sondes mesurant la biomasse microbienne ou microalgale, les concentrations de dérivés métaboliques critiques, le pH, la température, la pression, la composition et la concentration des gaz entrants et sortants.

Sans rentrer dans les détails, citons simplement que les bioréacteurs peuvent aussi être classés en fonction de leur mode d'alimentation selon trois catégories : batch, fed-batch et continu.

Notons que certains bioréacteurs, alors appelés photobioréacteurs, sont destinés à la croissance de microorganismes à croissance photosynthétique oxygénique, aux microalgues et aux cyanobactéries. Tous les paramètres physico-chimiques (concentrations en dioxyde de carbone, en oxygène et en nutriments, intensité lumineuse, hydrodynamisme, température, pression, pH) sont contrôlables, ce qui permet de cultiver une multitude d'espèces différentes.

Une fois les cultures terminées, l'**extraction** des molécules synthétisées par les microorganismes doit se faire de façon à obtenir une préparation commerciale répondant aux critères de pureté et de stabilité souhaités. Chaque traitement existant est propre à un type de molécules en particulier (lipides, peptides, glucides), mais la trame reste une suite d'opérations telles que des centrifugations, filtrations, procédés à membranes, évaporations, précipitations et séchages.

Le **bioraffinage** est l'ensemble des techniques et des méthodes allant de la récolte aux séparations les plus fines en passant par la déconstruction cellulaire pour donner un maximum de valeur à une biomasse donnée. L'utilisation d'enzymes peut éventuellement aider certaines transformations biochimiques ou extractions.

La **purification** de la molécule ciblée requiert des compétences en **biochimie** et fait souvent appel à des techniques de chromatographie (HPLC, HPTLC, GC-MS, GC-FID), de précipitations, de dessalement, de concentration, de stabilisation et de déshydratation.

La **stabilisation** requiert des compétences en **biochimie**, et permet de conserver l'enzyme ou la molécule d'intérêt. Dans le cas des enzymes, il existe un procédé qui conduit à les produire sous forme non soluble et à leur ajouter un agent pour les maintenir dans cet état. Ainsi, elles peuvent se conserver dans des milieux aqueux pour préparer des compositions de détergents liquides contenant des enzymes stables.

La **vectorisation** est une technique largement appliquée aux microorganismes. Elle permet de transmettre à l'aide d'un vecteur une molécule à un hôte, sans que celle-ci soit dégradée au cours du transport de la source à sa cible. Cette technique est utilisée pour transporter des fragments d'ADN ou des protéines. Dans le cas de transports de fragments d'ADN, la vectorisation peut se faire à l'aide de vecteurs viraux (rétrovirus, adénovirus), de vecteurs chimiques (liposomes, lipides cationiques, peptides) ou de vecteurs physiques par injection (biolistique, électroporation). Dans le cas de transports de protéines et de métabolites secondaires, la vectorisation est réalisable pour des structures de poids moléculaire allant jusqu'à plusieurs dizaines de kDa. En ce qui concerne la vectorisation dans des microalgues, cela est théoriquement possible, à condition de pouvoir passer à travers la membrane, ce qui peut poser des problèmes pour les diatomées, dont le frustule externe est en silice.

La **récolte** des cellules, bactéries ou microalgues, peut se faire selon plusieurs techniques :

- centrifugation : onéreuse mais efficace, surtout utilisée pour les petits volumes pour purifier les bactéries ou les virus,
- filtration : peu chère et également efficace, il existe plusieurs moyens de filtration. Le désavantage réside dans le fait que, selon le volume et les cellules à filtrer, le filtre peut se boucher, ce qui arrête la filtration,
- floculation : basée sur la capacité des cellules à s'agréger les unes aux autres après ajout d'un réactif, ce qui accélère la sédimentation des particules d'intérêt. Cette technique est plutôt utilisée pour les gros volumes de plusieurs centaines de litres,
- hydrocyclone : les cellules à récolter sont collectées au centre d'un dispositif cylindrique tournant sur lui-même, et faisant ainsi partir la fraction liquide vers l'extérieur. Cependant, cette technique ne fonctionne bien que lorsque les cellules sont de grande taille et présentent un fort différentiel de masse volumique avec le milieu de culture.

Enfin, le **changement d'échelle**, aussi appelé **scale-up**, est l'ultime étape avant de passer à la production industrielle. Il permet de tester les essais qui fonctionnent au laboratoire à une plus grande échelle, tout en effectuant les mises au point nécessaires au bon fonctionnement du processus. Ce changement d'échelle est généralement réalisé par les responsables recherche et développement et production. S'il s'avère trop compliqué, une étape intermédiaire, appelée essai pilote, est souvent réalisée pour faciliter le scale-up.

Compétences requises

Génie des procédés, biologie, biochimie, microbiologie.

M.3.2. Développement d'outils : engins, robots, fermenteurs, (photo)bioréacteurs, techniques séparatives

Enfin, le volet **développement d'outils** tels que des robots, engins, fermenteurs ou encore (photo)bioréacteurs requiert des compétences en **acquisition de données**, en **mécanique** et en **électronique**. Ces spécialistes de la fabrication de pièces travaillent en partenariat avec l'**ingénieur R&D** afin de développer des équipements capables d'assurer des cultures de microorganismes tout en contrôlant les paramètres physico-chimiques à l'aide de capteurs reliés à des ordinateurs. Des connaissances en **génie microbiologique** sont un avantage pour les constructeurs, mais pas une obligation dans la mesure où les conditions de fabrication ont été clairement établies avec l'**ingénieur R&D**.

Ingénieur en génie mécanique (H/F)

Codes ROME : H1203 / H2502

L'**ingénieur en génie mécanique** définit et organise les moyens humains et matériels qu'il faut mettre en œuvre pour optimiser la production de pièces utiles au développement des microorganismes. Pour ce faire, il étudie de près la pièce à fabriquer en accord avec l'**ingénieur R&D** et élabore un cahier des charges à tenir. Il choisit ensuite le matériel, les méthodes et les machines nécessaires pour la production et détermine les besoins de chaque étape, tout en incluant l'ergonomie et la qualité. Une fois le (photo)bioréacteur conçu, il le teste, l'ajuste et l'améliore si besoin. Enfin, il suit et analyse la production et s'assure du bon fonctionnement de sa machine.

Compétences requises
- Des connaissances solides sur les outils spécifiques d'aide à la conception et à la gestion de projet,
- Des compétences techniques et méthodologiques,
- Une compréhension de l'activité industrielle dans sa globalité,
- Un bon sens de l'observation et de l'organisation,
- Des capacités de communication et de bon sens managérial pour interagir avec des différents interlocuteurs de l'entreprise avec qui il collabore (commerciaux, ingénieurs R&D, responsables de production, techniciens).

Ingénieur en génie électronique et électrotechnique (H/F)

Codes ROME : H1202 / H1209

L'**ingénieur en génie éléctronique et électrotechnique** peut travailler dans un service de recherche et développement, afin de participer à la création de nouveaux produits. Grâce à la CAO (conception assistée par ordinateur), il définit l'architecture des produits ou des composants électroniques, réalise un prototype et procède aux essais. Il peut également travailler dans le service de production de l'entreprise où il est chargé de superviser les activités d'une unité de production. Enfin, il s'assure du bon approvisionnement en composants électroniques et de la maintenance des systèmes électroniques de l'entreprise. Une double formation en **électronique** et en **informatique** lui permet de travailler sur la partie matérielle des produits et sur la partie logicielle (programmation) lors de l'intégration à la pièce finale (bioréacteur, engin, robot, etc.).

Compétences requises
- Des connaissances pointues en électronique et en électrotechnique,
- Des capacités d'analyse et de synthèse, ainsi qu'un bon sens de l'organisation.

M.3.3. Evaluation de l'efficacité et de l'innocuité

Pour la validation du produit, une évaluation de l'efficacité et de l'innocuité des souches ou des molécules produites est indispensable et peut être réalisée par un **ingénieur R&D** et/ou par un **responsable qualité**. Elle peut également être confiée à des **médecins investigateurs** et **techniciens d'études cliniques**, dont les métiers ont été présentés dans la chaîne de valeur des végétaux marins dans la partie V.3.2.

M.3.4. Contrôle qualité

Le contrôle qualité est assuré par le **responsable qualité** qui s'occupe des dossiers liés à la réglementation et à l'homologation des produits issus des souches de microalgues et autres microorganismes.

M.4. PHASE 4 : VALIDATION / COMMERCIALISATION

M.4.1. Législation et commercialisation des nouveaux produits

La législation est du ressort des **responsables qualité** et **R&D** qui s'assurent que le produit développé soit bien conforme aux normes de mise en place sur le marché. Par exemple, pour une molécule destinée au marché de l'agroalimentaire, elle doit être conforme à la norme NOVEL FOOD et avoir passé les tests d'autorisation de mise en place sur le marché (AMM).

Il est également nécessaire de savoir où et dans quelles conditions ont été échantillonnés les microorganismes afin de respecter les conventions en vigueur régissant l'utilisation de la biodiversité pour s'assurer du consentement des pays d'où proviennent les échantillons et garantir le partage juste et équitable des avantages issus de l'utilisation de ces ressources. Il existe différentes conventions telles que la Convention des Nations Unies sur le droit de la mer (1982), la Convention sur la diversité biologique (1992) ou le protocole de Nagoya (2010) qui encadrent l'accès à la biodiversité et l'échantillonnage des écosystèmes au niveau mondial.

M.4.2. Propriété intellectuelle

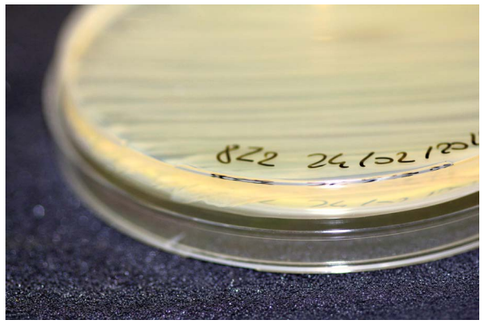
La propriété intellectuelle permet de protéger les inventeurs et donc l'entreprise afin d'éviter que l'invention soit copiée ou utilisée frauduleusement. Pour ce faire, un **ingénieur en propriété intellectuelle** se charge de déposer des brevets et de réaliser une veille technologique.

M.4.3. Emballage, conditionnement

Les thématiques liées à l'emballage et au conditionnement sont confiées au **responsable packaging**. Il veille à ce que l'emballage soit conforme aux normes (protection, contamination), plaise et attire de nouveaux clients.

M.4.4. Marketing, distribution, communication

Quant à la mise sur le marché, elle nécessite des compétences en marketing, distribution, communication dont la spécialité relève du métier du **responsable marketing**.



Cultures de bactéries sur boite de Pétri. © V. Foulon

Cultures de microalgues pour des applications en biotechnologies. © S. Hervé / IUEM / UBO

AQUACULTURE DES POISSONS ET BIVALVES

En haut : huitres d'aquaculture, Irlande. © G. Eveillard
En bas : bars adultes d'élevage. © Ifremer

« La mise au point d'élevage pour de nouvelles espèces prend beaucoup de temps et demande de la persévérance. Cela inclut un travail de fond pour développer le marché en même temps que la production. Ce que nous constatons, c'est que la patience finit toujours par payer.

Je pense qu'il en va de même pour les autres productions. Cependant, trouver la bonne adéquation entre la production et le marché est très compliqué pour les nouveaux produits dans un contexte économique plutôt «conservateur» ».

Sylvain Huchette, France Haliotis

Le terme « aquaculture » est apparu dans les années 1860, et est aujourd'hui défini comme étant une activité de culture en milieu aquatique d'organismes animaux ou végétaux.

Selon la FAO, l'aquaculture dans le monde représentait une production d'environ 60 millions de tonnes en 2010, chiffre qui prévoit de dépasser les 90 millions de tonnes en 2030. Cette activité est donc en pleine expansion, depuis déjà les années 1960. En effet, entre 1961 et 2010, le taux moyen du volume d'espèces cultivées a augmenté en moyenne de 3,2% par an, soit plus rapidement que la population mondiale (qui elle, a crû de 1,7% par an sur la même période).

Les principaux animaux cultivés sont les poissons, suivis des bivalves et autres espèces marines (holothuries, oursins, ascidies, méduses). L'Asie produit à elle seule 89% du volume total mondial, avec près de 53 millions de tonnes de poissons et bivalves. Les pays qui participent le plus activement sont la Chine (61% du volume total), suivie de l'Inde, du Vietnam, du Bangladesh, de la Thaïlande, de la Birmanie, des Philippines et du Japon. L'Europe et l'Amérique (Nord et Sud) arrivent en deuxième position après l'Asie avec 8,6% de la production, suivies par l'Afrique avec 2,2% et enfin l'Océanie avec 0,2%. En Europe, les poissons représentent les trois quarts de la production aquacole, le quart restant étant réservé aux bivalves et mollusques. La Norvège est le plus gros producteur de poissons d'aquaculture, avec un peu plus de 1 million de tonnes de saumons, soit 40% de la production européenne. L'Espagne et la France suivent ensuite avec respectivement 252 000 tonnes et 225 000 tonnes (10 et 9% de la production européenne) de poissons et bivalves.

En France, le secteur de la conchyliculture emploie 20 000 personnes et produit entre 150 000 et 200 000 tonnes de coquillages par an destinés à la consommation humaine (essentiellement moules et huitres). L'aquaculture des poissons, également appelée pisciculture, produit quant à elle 50 000 tonnes de poissons marins et d'eau douce par an. Ces productions viennent de manière croissante en complément de la pêche, complétant ses apports et permettant de répondre à la demande des consommateurs. Outre le saumon atlantique produit en mer en Norvège, l'élevage de poissons marins en Europe concerne plus d'une douzaine d'espèces. A l'heure actuelle, le bar commun (*Dicentrarchus labrax*), la daurade royale (*Sparus aurata*) et le turbot (*Scophtalmus maximus*) représentent à eux seuls 95% de la production. Il existe une cinquantaine de sites d'élevage sur le littoral français, avec des

AQUACULTURE DES POISSONS ET BIVALVES

techniques de production très variées selon l'espèce et l'âge du poisson (bassins à terre avec pompage ou circuit fermé, marais littoraux, cages en mer).

L'aquaculture en eau douce est basée sur 600 sites de production sur le territoire national, répartis principalement en Bretagne, Aquitaine, Nord / Pas-de-Calais et Picardie. La France est aujourd'hui le 3ème producteur mondial de truites en eau douce, avec plus de 33 000 tonnes produites par an.

Notons ici que l'algoculture est également un type d'aquaculture, qui comme son nom l'indique, fait référence à la culture d'algues. Cette aquaculture naissante est actuellement en plein essor, notamment en Bretagne, avec une grande concession de 350 hectares dans le Sud-Finistère (Algolesko), complétée par des cultures plus petites produisant jusqu'à 6 tonnes par an, également implantées dans le Finistère (TaliBreizh par exemple). Concernant les volets scientifiques et techniques liés à l'algoculture, nous vous renvoyons aux sections V.1.2. et V.1.3. de cet annuaire.

Cette chaîne de valeur est structurée en quatre phases :

- Phase 1 : Etudes préalables,
- Phase 2 : Elevage à terre et en mer / optimisation,
- Phase 3 : Maitrise de la production,
- Phase 4 : Transformation et commercialisation.

A.1. PHASE 1 : ÉTUDES PRÉALABLES

Tout comme pour les autres chaînes de valeur, la première étape est la réalisation d'études préalables afin de s'assurer de la pertinence du projet à mener. Ces études comprennent quatre volets, à savoir un choix de(s) espèce(s) à élever, un choix du site d'élevage, une étude de marché et enfin une veille technologique.

A.1.1. Choix des espèces

Aquaculteur (conchyliculteur / pisciculteur) (H/F)

Code ROME : A1404

Le choix des espèces est du ressort des **aquaculteurs**, spécialisés en **conchyliculture** et/ou en **pisciculture**. Ce choix va dépendre des résultats de l'analyse de marché afin de répondre à la demande actuelle, du site d'élevage, des installations disponibles, des coûts et de la complexité de culture de telle ou telle espèce et encore d'autres paramètres dépendant de chaque ferme aquacole. Il dépend également de la réglementation, notamment pour ce qui concerne les espèces non locales, dites exotiques.

Quelle que soit sa spécialité, l'**aquaculteur** commence par se fournir en juvéniles : naissains (bivalves) ou alevins (poissons). Il peut les capter ou les pêcher dans leur milieu naturel, les acheter dans des fermes aquacoles ou encore les produire lui-même. Il s'assure de leur bon développement en pilotant diverses opérations (tri, calibrage).

L'**aquaculteur** est un technicien ayant acquis des connaissances en **biologie** et maitrisant la réglementation en vigueur. D'une manière générale, il doit veiller à la bonne santé et au bon développement de ses juvéniles jusqu'à leur taille commerciale, et à la qualité de l'eau et de leur alimentation. Il doit également être vigilant quant à l'impact de ses productions sur l'environnement.

Une fois la taille commerciale atteinte, les individus produits sont conditionnés et prêts à être vendus aux poissonniers, restaurateurs, entreprises, grossistes, mareyeurs, etc.

Compétences requises

Biologie, zootechnie.

Les **aquaculteurs** travaillent souvent dans des conditions difficiles, dans un milieu humide et froid. Il faut donc être motivé et en bonne condition physique. Des compétences techniques en « bricolage » sont un atout essentiel pour la mise en place et la maintenance des équipements. L'**aquaculteur** doit également être capable de gérer des comptes et maitrise les techniques et les circuits de distribution pour s'adapter au mieux aux besoins du marché.

Notons ici que le SYndicat des Sélectionneurs Avicoles et Aquacoles Français (SYSAAF) regroupe des entreprises développant des programmes de gestion et/ou d'amélioration génétique des espèces avicoles et aquacoles. Son action contribue à la fois à l'amélioration génétique et/ou à la préservation des espèces exploitées.

Concernant la sélection des espèces aquacoles, elle est conduite par des entreprises ou des groupements d'entreprises souhaitant améliorer la qualité, l'aptitude à l'élevage et la transformation de leurs productions. Ce savoir-faire résulte de travaux de recherche conduits en partenariats entre les sélectionneurs et différents organismes de recherche dont l'INRA et l'Ifremer. Environ 50% de l'activité du SYSSAF est dédié à l'amélioration des procédures de sélection.

AQUACULTURE DES POISSONS ET BIVALVES

A.1.2. Choix du site

Le choix du site se fait par l'**aquaculteur** lui-même, en fonction des espèces à élever, avec les services de l'Etat compétents. Il existe trois grands critères de sélection pour le choix du site : la législation, la qualité de l'eau (dulçaquicole ou marine) et la distance par rapport à la côte dans le cas d'aquaculture marine.

Législation

Le volet législation permet de s'assurer de l'obtention de concession conchylicole ou piscicole sur le domaine public maritime. En effet, un bon nombre d'autorisations sont demandées conformément aux lois locales et nationales de construction ainsi qu'aux législations environnementales. Ce processus peut être long et l'aide d'un **juriste en droit de l'environnement** peut s'avérer précieuse.

Juriste en droit de l'environnement (H/F)

Code ROME : K1903

La personne en charge du choix géographique doit avoir des compétences **juridiques** sur la faisabilité du projet. Certaines parcelles de mer ne peuvent être exploitées (sites protégés par l'Agence des Aires Marines Protégées par exemple) ou nécessitent l'autorisation de la part d'instances telles que les affaires maritimes ou autres services de l'Etat. Il faut donc avoir des connaissances en **droit maritime** et sur la législation relative à ces milieux naturels. Ainsi, le **juriste en droit de l'environnement** conseille l'**aquaculteur** et le tient informé des mesures liées au choix du site. Il doit donc exercer une veille permanente.

Dans le cas d'une activité d'aquaculture en milieu naturel, il doit monter un dossier auprès de la DDTM (Direction Départementale des Territoires et de la Mer) au sein du Service du Littoral, pôle Gestion du littoral pour obtenir les autorisations et vérifier que le projet est bien conforme à la loi.

Compétences requises

Le **juriste en droit de l'environnement** applique ses connaissances en rapport avec la législation et apporte des éléments de réponse précis aux problèmes rencontrés. Une aisance à l'écrit et à l'oral ainsi qu'une capacité d'analyse sont les qualités à avoir pour résoudre les problèmes et éclaircir un dossier.

Qualité de l'eau

Le volet concernant la qualité de l'eau est incontournable pour la ferme aquacole. Les caractéristiques qualitatives d'une eau peuvent être regroupées en propriétés physiques, chimiques et biologiques, sachant que de nombreux paramètres interagissent entre eux. Nous ne rentrons pas dans les détails ici, mais la liste des paramètres influençant la qualité des eaux d'aquaculture est présentée ci-dessous :

- *Paramètres physiques*
- La température et la densité de l'eau,
- La salinité,
- La turbidité et les matières en suspension (MES).

- *Paramètres chimiques*

- Le pH,
- L'oxygénation,
- Les matières organiques et l'oxydabilité,
- Les composés azotés,
- Les micropolluants.

- *Paramètres biologiques*

Ils sont généralement utilisés comme valeurs limites à ne pas dépasser en termes de contaminations mais aussi comme bio-indicateurs de la qualité de l'eau. Les mesures **microbiologiques** (dans l'eau mais également dans les organismes) de virus, bactéries ou encore de parasites permettent d'évaluer la qualité d'une eau et d'éviter des chutes de croissance, voire des mortalités. Certains agents sont toxiques pour les poissons et/ou les mollusques, et sont aussi dangereux pour la santé humaine tels que les bactéries du genre *Clostridium* ou certaines algues phycotoxiques. Les bivalves filtreurs élevés dans les fermes aquacoles concentrent ces contaminants dans leurs tissus, et présentent alors un risque pour la consommation humaine. D'autres mesures biologiques sont également réalisées sur des organismes benthiques qui sont d'excellents indicateurs de la qualité d'un milieu. En s'appuyant donc sur les caractéristiques de la faune d'un milieu aquatique, il est possible d'établir des indices de qualité, le plus répandu étant l'IBGN (indice biologique global normalisé). A partir d'une série de taxons représentatifs de la qualité du cours d'eau, une note comprise entre 0 et 20 est attribuée.

Éloignement géographique par rapport à la côte

Enfin, le problème lié à l'éloignement géographique par rapport à la côte doit être étudié de près avant de démarrer une concession aquacole. En effet, cette ferme doit être le plus proche possible du rivage dans le but de limiter au maximum l'énergie de pompage et de diminuer l'entretien des grandes longueurs de tuyaux.

A.1.3. Analyse de marché

L'analyse de marché étudie la demande en bivalves et en poissons par les consommateurs, en travaillant avec les réseaux de distribution et les acteurs de la filière pêche et aquaculture. Elle permet de s'assurer que la demande des clients (grandes et moyennes surfaces, grossistes, mareyeurs, restaurateurs, poissonniers, aquaculteurs) sera a priori suffisante pour commercialiser les productions. Elle est réalisée par le **chargé d'études en marketing** dont le métier, transverse, a été décrit en première partie de l'annuaire.

A.1.4. Veille

La veille technologique est ici aussi assurée par l'**ingénieur brevets**. Dans le cas de l'aquaculture, elle peut permettre de se renseigner sur les techniques de culture de poissons et/ou de bivalves, et de protéger un **aquaculteur** dans le cas d'une invention innovante permettant par exemple un gain de temps et d'argent sur la technique de culture.

A.2. PHASE 2 : ÉLEVAGE À TERRE ET EN MER / OPTIMISATION

A.2.1. Matériel biologique : naissains / alevins

Le matériel biologique peut provenir de deux sources :

- le milieu naturel. L'**aquaculteur** peut récolter des naissains de bivalves sur des supports appropriés déposés dans des zones de reproduction pour la collecte des juvéniles. Ils sont ainsi collectés et transférés dans des zones de grossissement jusqu'à la taille commerciale,
- l'écloserie. L'utilisation d'écloseries peut être recommandée pour différentes raisons : lorsque des espaces de reproduction naturelle n'existent pas à proximité de la ferme aquacole, que la demande devient supérieure à ce que le milieu naturel peut produire, qu'il y a des possibilités d'amélioration génétique ou encore des soucis de conservation des populations naturelles. Elles présentent plusieurs avantages par rapport au captage naturel. Elles sont potentiellement plus fiables et permettent un approvisionnement au moment voulu (parfois même en avance par rapport au milieu naturel). L'inconvénient majeur est le coût associé aux naissains et les possibles conséquences en termes épidémiologiques.

Une fois les naissains ou alevins présents dans la ferme aquacole, ils doivent être maintenus dans les meilleures conditions possibles pour leur assurer une croissance optimale. Ce volet est généralement assuré par l'**aquaculteur** lui-même.

A.2.2. Génétique

Certaines améliorations biotechnologiques des espèces aquacoles relevant de la **génétique** peuvent être utilisées pour augmenter la reproduction et les chances de succès des stades précoces de développement des organismes, ou encore augmenter les périodes où gamètes et juvéniles seront disponibles.

De plus, les biotechnologies fournissent des voies d'amélioration sur la reproduction et la survie d'espèces en voie de disparition et contribuent ainsi à préserver la biodiversité du milieu aquatique.

Par ailleurs, des recherches en **génétique** en sélection assistée par des marqueurs spécifiques permettent de localiser des gènes dont le rôle est important dans la croissance, le déterminisme du sexe ou encore la sensibilité aux maladies.

Pour ce faire, l'appel à un **chercheur**, **enseignant-chercheur** ou **ingénieur de recherche** en **génétique** est généralement indispensable.

A.2.3. Zootechnie

La **zootechnie** est l'ensemble des sciences et techniques mises en œuvre dans l'élevage des animaux. Dans le cas de l'aquaculture, ce terme large de sens requiert des compétences en **biologie**, **génétique**, **physiologie des bivalves et des poissons** et en **conception** et **maintenance** des infrastructures d'élevage.

Les compétences en **biologie**, **génétique** et **physiologie des espèces** peuvent être apportées par un **biologiste** spécialisé dans l'aquaculture ou encore un **vétérinaire** spécialisé dans les espèces marines.

A.2.4. Pathologies, soins vétérinaires

Les problèmes pathologiques peuvent survenir dans toute ferme aquacole. L'état de bonne santé d'un animal dépend d'un équilibre entre cet organisme, son environnement et les bioagresseurs. En élevage, l'apparition de pathologies peut venir de trois sources essentielles :

- environnementales, par une mauvaise régulation de plusieurs facteurs physico-chimiques (oxygène dissous, température, pH, salinité, polluants),
- nutritionnelles, par excès ou déficit de divers nutriments ou de produits indésirables,
- infectieuses, au sens large du terme, par la présence en quantité anormale de bioagresseurs ou agents pathogènes.

Cependant, c'est souvent le cumul de plusieurs causes qui est à l'origine de l'apparition des pathologies en élevage intensif. Pour maitriser les risques de contamination d'une ferme aquacole, l'**aquaculteur** doit mettre en œuvre diverses mesures prophylactiques ou plans sanitaires, adaptés à tous les risques recensés, à savoir les risques viraux, bactériens et parasitaires.

Il existe depuis 1989 un service vétérinaire pour les éleveurs de poissons marins souhaitant adosser leur croissance et leur développement à un service aquacole d'assistance vétérinaire et d'urgence dénommé SAVU. Un **vétérinaire spécialisé** visite donc régulièrement les fermes et les accompagne dans la bonne gestion de la qualité des eaux et des poissons. La gestion de ce service est confiée au comité des pêches. À la demande de l'**aquaculteur**, ce service est proposé à tout éleveur marin sur adhésion volontaire moyennant le règlement d'une cotisation annuelle qui est modulée en fonction du chiffre d'affaires. Il inclut un minimum de trois visites annuelles sur site, réalisées en fonction de la demande et des périodes de risques accrus. Cette assistance sanitaire porte sur la santé des élevages mais aussi sur l'hygiène et la qualité des produits proposés aux consommateurs.

Vétérinaire marin (H/F)

Code ROME : A1504

L'activité principale de ce professionnel est de veiller à la bonne santé des animaux aquatiques. L'appel à un **vétérinaire marin** pour une ferme aquacole peut se faire à la demande du gestionnaire, mais c'est généralement l'**aquaculteur** lui-même qui est en mesure de traiter les problèmes liés à la santé de ses élevages. Il apporte des connaissances en **biologie**, **physiologie** et **génétique** et propose des solutions pour éviter toute propagation de maladies. Il agit en tant que conseiller dans le but d'améliorer les rendements de la ferme aquacole tout en préservant le bien-être des animaux.

Compétences requises

Biologie, biochimie, biologie cellulaire et moléculaire, génétique.

Soigneur animalier / auxiliaire de soin vétérinaire (H/F)

Code ROME : A1501

La principale mission du **soigneur animalier** est de nourrir les animaux et d'assurer la propreté de leur milieu de vie en respectant les normes d'hygiène et de sécurité. Les distributions de rations alimentaires (phytoplancton, larves, artémias, etc.) sont assurées plusieurs fois par jour et à heures fixes. Le nettoyage du milieu de vie comprend les bassins et toutes les infrastructures relatives à la croissance des juvéniles. L'entretien des locaux est primordial afin d'éviter les risques de contamination ou d'épidémie. Le **soigneur animalier** assiste aussi le

vétérinaire dans son travail. Il se charge des soins mineurs et du suivi des animaux, tels que les pesées et les vaccinations. Enfin, il assure la gestion des stocks et des commandes de médicaments, de matériels et d'aliments.

Compétences requises

Biologie.

A.2.5. Production d'aliments

La production d'aliments destinés à l'aquaculture est un volet crucial afin de pérenniser l'activité aquacole, particulièrement pour ce qui concerne la pisciculture.

Poissons

Les poissons d'élevage recevant des aliments aquacoles sont regroupés sous le terme de « poissons nourris », par opposition aux « poissons non nourris ». Les fermes aquacoles produisant des « poissons nourris » pratiquent de « l'aquaculture avec alimentation d'appoint » qui se distingue de l'aquaculture « sans alimentation d'appoint ». Les mêmes espèces de poissons peuvent être nourries avec ou sans apport supplémentaire selon le mode de production utilisé et il est donc difficile d'obtenir des données et des informations précises sur l'utilisation des aliments aquacoles dans l'élevage de certaines espèces d'aquaculture.

La tendance actuelle pour la production d'aliments de qualité pour les espèces aquatiques est d'assurer un approvisionnement régulier en ingrédients tels que des protéines, huiles et hydrates de carbones distribués principalement sous forme sèche.

Le régime alimentaire est adapté pour nourrir les poissons omnivores (tilapias, silures, carpes communes), les poissons carnivores (saumons, truites, anguilles, bars, dorades, thons) et les crustacés (crevettes d'eaux douces, saumâtres et salées, crabes, homards).

La place des aliments fonctionnels à base d'hydroysats peptidiques est croissante. Elle fait appel aux techniques du génie enzymatique développées dans la partie « coproduits » de cet annuaire.

La fabrication d'un aliment nécessite une série d'opérations dont les caractéristiques varient en fonction des espèces nourries. Sans rentrer dans les détails, voici l'ordre chronologique des opérations à mener : broyage, dosage (aussi appelé pesage), homogénéisation, agglomération, cuisson/extrusion, séchage, refroidissement, émiettage et enfin enrobage.

Invertébrés

Selon Robert et Trintignac (1997), la production de microalguesdans les écloseries de bivalves est un paramètre clé pour l'alimentation des larves et des naissains. Elle est la seule technique fiable pour permettre l'alimentation des larves de mollusques bivalves en milieu contrôlé. Huit espèces phytoplanctoniques représentent environ 90% du volume algal produit en écloserie : *Isochrysis galbana*, *Isochrysis galbana* clone T-iso, *Chaetoceros gracilis*, *Chaetoceros calcitrans*, *Tetraselmis suecica*, *Thalassiosira pseudomona*, *Pavlova lutheri* et *Skeletomona costatum*. La taille, la valeur nutritive et la facilité de production en masse sont les trois facteurs retenus pour alimenter les jeunes stades chez les bivalves. Pour servir de nourriture aux larves de mollusques bivalves, les microalgues doivent être avant tout ingérées, donc être de taille adéquate. Pour être digérées, elles doivent posséder une paroi ou une thèque siliceuse fine et/ou la larve doit être équipée de l'équipement enzymatique *had oc*.

Pour être de bonne qualité alimentaire, elles doivent répondre aux exigences de l'espèce au stade de développement considéré. La composition en acides gras polyinsaturés, notamment en EPA (C20:5n-3) et DHA (C22:6n-3) représente le paramètre biochimique le plus fiable pour expliquer les différences de qualité nutritionnelle. Enfin, en écloserie commerciale, la facilité de production tient une place prépondérante et est généralement prise en compte pour la production de microalgues fourrages.

Quant à l'alimentation des ormeaux, elle se fait majoritairement par algue rouge *Palmaria sp*. En effet, cette macroalgue a une meilleure valeur nutritive pour ces gastéropodes que les algues brunes. Elle alimente mieux les reproducteurs et leur permet de produire des œufs plus riches en matière sèche, lipides et protéines. Ainsi, l'utilisation de *Palmaria sp* tout au long du cycle de développement du naissain d'ormeaux permet d'obtenir de bons résultats de croissance (Buchal *et al.*, 1998).

Culture de microalgues pour l'alimentation d'invertébrés marins. © E. Luider.

A.3. MAITRISE DE LA PRODUCTION

La phase de maitrise de la production passe par des problématiques liées à l'exploitation et à la maintenance, à la réglementation, au contrôle qualité et à la traçabilité des produits. Ces points sont donc abordés ci-dessous.

A.3.1. Exploitation et maintenance

L'exploitation et la maintenance de la ferme aquacole requièrent des compétences en **génie biologique**, mais également en **mécanique** et **électronique**.

Chaque site aquacole est spécifique. Il est donc utile de définir précisément les paramètres qui définissent son niveau technique : lieu, type de production, état des ressources en fluides (eau, électricité, chauffage). De plus, dans le cas d'exploitation en mer, la nécessité d'avoir un bateau maintenu en bon état est essentielle. Les formations pour devenir **aquaculteur** (pisciculteur et/ou conchyliculteur) proposent des modules d'apprentissage pour l'exploitation et la maintenance d'une ferme aquacole. De ce fait, c'est l'**aquaculteur** lui-même qui assure ces deux volets.

A.3.2. Réglementation

Le Domaine Public Maritime (DPM) est le siège de nombreuses activités dont la coexistence peut s'avérer compliquée. De plus, la dégradation du milieu marin renforce encore plus la nécessité de cadrer les activités autour du DPM. Ainsi, le législateur s'est penché sur le littoral, avec la loi du 3 janvier 1986 relative à la protection, l'aménagement et la mise en valeur du littoral. Rappelons ici que l'aquaculture marine relève du régime des marins et est incluse dans la navigation côtière dans la rubrique « Conchyliculture – Petite Pêche ». Ici encore, les formations pour devenir **aquaculteur** intègrent des modules relatifs à des questions de réglementation, ce qui peut les rendre autonome sur ce genre de problématiques. Cependant, en cas de doutes, ils peuvent faire appel à un **juriste en droit de l'environnement**, dont le métier à été décrit dans la partie A.1.2.

A.3.3. Contrôle qualité et traçabilité

Le contrôle qualité et la traçabilité sont assurés par l'aquaculteur lui-même, ou éventuellement d'un **responsable qualité** dans le cas d'importantes exploitations aquacoles.

Pour assurer le contrôle qualité d'un milieu, plusieurs facteurs sont étudiés tels que ceux cités dans la partie A.1.3 sur le choix du site. Les **paramètres physiques** (température, salinité, turbidité), **chimiques** (pH, oxygène dissous, matière organique, composés azotés, micropolluants) et **biologiques** (contaminants pathogènes, virus, bactéries, parasites) sont à étudier de près pour assurer une qualité irréprochable des animaux issus de la ferme aquacole.

Quant à la traçabilité, elle permet d'informer le consommateur sur l'origine de l'espèce, du naissain ou de l'alevin, jusqu'à l'organisme adulte prêt à être commercialisé. Depuis 2011, il existe une norme ISO concernant les « produits de la pêche et de l'aquaculture ». Cette norme ISO12875:2011 vise à assurer une traçabilité des produits d'aquaculture, et à retracer tout le parcours de l'organisme, depuis sa mise en élevage jusqu'à sa vente aux particuliers. Cette traçabilité est assurée par le **responsable qualité**, l'**aquaculteur** ou éventuellement un **généticien** dont les techniques de biologie moléculaire lui permettent de retracer l'aliment.

A.4. TRANSFORMATION / COMMERCIALISATION

Ce dernier chapitre sur la transformation et la commercialisation est structuré en plusieurs étapes, à savoir :

- génie des procédés, pour la transformation des produits et coproduits,
- traitement des bivalves, des effluents et des coproduits,
- innovation en industries agroalimentaires,
- emballage et conditionnement,
- marketing, distribution et communication.

A.4.1. Génie des procédés

Ce volet multidisciplinaire inclut la transformation de la matière première (filetage, fumage, etc.) et des opérations unitaires (filtration, etc.). Tout cela est du ressort des **ingénieurs R&D**, **ingénieurs d'étude** ou **chefs de projet** spécialisés en **génie des procédés**.

Les procédés de valorisation appliqués aux produits marins permettent d'utiliser les coproduits marins à des fins industrielles dans les domaines d'applications tels que la cosmétique, l'agroalimentaire, la nutrition humaine et animale ou encore l'environnement.

A.4.2. Traitement des bivalves, des effluents et des coproduits

Les bivalves sont des organismes filtreurs, et sont donc conditionnés par la qualité de l'eau de leur environnement. Les dangers principaux associés à leur consommation proviennent de contaminations microbiologiques des eaux dans lesquelles ils croissent. En effet, ils concentrent les contaminants dans leur organisme, ce qui peut s'avérer dangereux pour les consommateurs. D'autres dangers sont liés à la présence de pathogènes naturellement présents dans l'environnement (virus ou bactéries du genre *Salmonella*, *Campylobacter*, *Listeria* et *Vibrio*) ou de toxines synthétisées par des microalgues qui peuvent provoquer des problèmes paralytiques, neurotoxiques, ou encore diarrhéiques. Enfin, des contaminations aux métaux lourds (mercure, cadmium, plomb) ou aux pesticides peuvent présenter des problèmes de bioaccumulation qui se répercutent sur le consommateur.

Dans l'Union Européenne, le classement des zones de production conchylicole est défini dans le Règlement (CE) numéro 854/2004 qui établit des règles spécifiques pour l'organisation de contrôles officiels sur les produits d'origine animale destinés à la consommation humaine. Ce classement est basé sur les niveaux de concentration de la bactérie *Escherichia coli* dans des échantillons de coquillages. Ainsi, les fermes aquacoles sont classées selon leur degré de propreté de l'eau de A à D. Les fermes classées A n'ont pas besoin de traiter leurs bivalves avant leur commercialisation, tandis que les fermes classées B et C ont des traitements à respecter. Les bivalves issus des fermes classées D sont interdits à la vente.

Les fermes aquacoles produisent des déchets (déjections, métabolites, débris) et il est important de savoir comment les traiter. Comme cité plus haut, le traitement de l'eau n'est pas nécessaire si la zone est classée A, mais ce traitement doit être réalisé pour les autres installations avant la mise en vente des bivalves et poissons. Le traitement de l'eau peut se faire selon quatre techniques : sédimentation et filtration, radiation aux UV, traitement au chlore et traitement à l'ozone. Chaque moyen mis en œuvre présente des avantages et des inconvénients, d'où l'intérêt parfois de cumuler plusieurs traitements. Enfin, les eaux usées peuvent être traitées par des bactéries qui dénitrifient l'environnement, voire le détoxifient de ses métaux lourds. Pour ce faire, des compétences en gestion de l'eau, gestion de l'hygiène et de l'environnement sont nécessaires, et relèvent du métier de **chargé d'étude en environnement**.

Chargé d'étude en environnement (H/F)

Code ROME : A1303

Le **chargé d'étude en environnement** est un scientifique de niveau Bac+5. Il prévoit et mesure les impacts de méthodes de production sur l'environnement proche des fermes aquacoles. Il propose ensuite des solutions adaptées pour maitriser la pollution et gérer les déchets. Ce scientifique met en place des opérations d'informations pour faire respecter les réglementations en vigueur. Il veille au respect des normes environnementales et fait des propositions pour valoriser l'espace et participer au développement local.

Compétences requises

Chimie, Biologie.

De plus, il a de solides connaissances scientifiques et techniques en matière d'**hygiène**, de **sécurité** et d'**environnement**, et maitrise parfaitement les **notions juridiques et économiques** inhérentes à son travail. Il assure aussi une veille constante sur les réglementations et les normes environnementales.

A.4.3. Innovation en Industries Agroalimentaires (IIA)

Les innovations dans les industries agroalimentaires sont essentielles. Elles concernent notamment la création de nouveaux produits alimentaires, l'optimisation de produits ou procédés alimentaires préexistants et l'approvisionnement en matières premières.

L'ensemble de ces volets est assuré par les **services R&D**, **qualité**, **production**, voire **commercial**, dont les métiers associés sont transverses aux quatre chaînes de valeur. Les chargés de projet, en fonction de leurs compétences respectives, devront donc évaluer la qualité nutritionnelle d'un produit, le transformer ou le formuler dans le respect de la législation, optimiser les conditions d'élaboration d'un nouveau produit et quantifier les caractéristiques physico-chimiques, gustatives et olfactives de l'aliment (et éventuellement les modifier afin de s'adapter aux attentes des consommateurs). De plus, ils participeront au management d'équipe, prévoiront un budget et planifieront le projet. Enfin, ils contrôleront la production en assurant le fonctionnement des équipements industriels agroalimentaires, travailleront en lien avec le service qualité pour analyser les risques microbiologiques et éventuellement modéliseront la durée de vie des aliments et simuleront les conditions optimales de conservation.

Les innovations en industries agroalimentaires contribuent à assurer la pérennité d'une entreprise. Dans le cas des produits de la mer, elles sont essentielles pour attirer les consommateurs en proposant des alternatives au poisson pané et pour développer des produits festifs par exemple.

A.4.4. Emballage, conditionnement

L'emballage et le conditionnement relèvent du métier de **responsable packaging**, transverse aux quatre chaînes de valeur et donc décrits en première partie de cet annuaire. Ce dernier dessine, conçoit, choisit les matériaux et produit l'emballage en respectant des normes d'hygiène et de sécurité.

A.4.5. Marketing, distribution, communication

Le marketing et la communication autour d'un produit alimentaire contribuent à son succès commercial. Pour cela, des compétences en marketing, communication et commerce sont apportées par un **responsable marketing**.

COPRODUITS MARINS

Sardines fraîchement débarquées. © E.Amice / CNRS

« Les têtes, les arêtes et les peaux de poissons peuvent être considérés comme des produits ou des sous-produits en fonction des réglementations qui leur sont imposées. S'ils sont classés en tant que produits, ils sont utilisés dans l'alimentation humaine, alors que s'ils sont classés en tant que sous-produits, ils seront utilisés dans l'alimentation animale.

Certains produits de poissons peuvent être valorisés via une extraction de peptides ayant des propriétés immunostimulantes ou antistress. Ces marchés sont des marchés de niche, représentent des petits volumes mais ont une grande valeur ajoutée.

A l'heure actuelle, quasiment 100% des sous-produits de poissons français sont utilisés en alimentation animale, à savoir l'aquaculture, les chiens/chats, les animaux à fourrure et les industries du porc et de la volaille ».

Philippe Barreau, Président de Biocéval, groupe SARIA

« N'oublions pas qu'à l'origine de la vie sur terre, il y a la mer. Il est donc normal de retrouver des molécules marines impliquées dans des extraits nutraceutiques humains. En effet, des produits de découpe du poisson présentent des activités biologiques dans différents segments de marché, tels que le confort articulaire, la nutrition de la peau, la gestion du stress, la reminéralisation osseuse, la nutrition du cerveau et l'immunostimulation. Ces coproduits représentent donc une richesse incroyable en terme de biomolécules actives retrouvées dans plusieurs compartiments physiologiques humains, avec entre autre le collagène et les polysaccharides des articulations, l'EPA des membranes ou le DHA des phospholipides du cerveau ».

Patrick Allaume, directeur de Abyss 'Ingrédients.

« Il existe énormément de molécules valorisables issues des sous-produits de la mer. Leur valorisation résulte d'un croisement entre les matières premières, les quantités disponibles, l'approche technico-scientifique, la réglementation, la propriété industrielle et la demande du marché. L'ensemble des ressources marines sont évidemment valorisables, que ce soit les matières organiques (poissons, crustacés) ou inorganiques (coquilles, carapaces). De nombreux domaines d'application peuvent être visés à partir de ces ressources, à savoir l'amendement des sols, la formulation de PAI (Produits Alimentaires Intermédiaires), l'alimentation animale et de complément alimentaire pour l'alimentation humaine, le petfood, l'alimentation aquacole et le biomédical ».

Estelle Le Bihan, directrice de IVAMER

Les développements récents de la recherche en biotechnologies marines dans le secteur des produits de la mer laissent entrevoir des perspectives prometteuses en matière de valorisation des coproduits marins (peaux, têtes, carcasses, etc.) pour la production de molécules à valeur ajoutée destinées aux marchés de l'alimentation humaine et animale, la nutraceutique, la cosmétique, et la thérapeutique.

Dans son rapport intitulé « La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture 2014 », la FAO estime que la pêche de capture et l'aquaculture génèrent près de 160 millions de tonnes de produits divers, poissons, mollusques et crustacés, issus d'espèces sauvages ou cultivées (www.fao.org). La stagnation des captures au niveau mondial, liée à une raréfaction des ressources marines, encourage aujourd'hui une utilisation complète des captures. En effet, la transformation de cette biomasse produit des volumes considérables de sous-produits/déchets comme les peaux, les têtes, les viscères, les os ou les cartilages. Outre la traditionnelle valorisation de ces biomasses conduisant à la production de farines et d'huiles destinées à l'alimentation animale, de nouvelles manières d'exploiter les coproduits marins se sont développées ces dernières années. On extrait désormais de ces derniers une grande variété de composés : collagènes, sulfate de chondroïtine, enzymes, pigments, squalène, dérivés de la chitine, etc. Il s'agit de marchés de niche à haute valeur ajoutée. Par ailleurs, l'hydrolyse enzymatique de la fraction azotée, si elle est menée en conditions contrôlées, permet de libérer une fraction soluble appelée hydrolysat. Celui-ci se caractérise par de nouvelles propriétés fonctionnelles, nutritionnelles et biologiques, et trouve des applications en alimentation humaine (i.e. production d'arômes, de peptides bioactifs) et animale (i.e. facteurs d'appétences et peptides bioactifs pour le petfood, l'aquaculture) et dans le domaine des nutraceutiques (Guérard, 2009). Les entreprises de transformation des produits de la mer peuvent notamment y trouver un intérêt supplémentaire en valorisant une matière première non utilisée dans leurs process de fabrication. En effet, près de la moitié des volumes de poissons débarqués subit une faible valorisation sous forme de coproduits destinés à l'alimentation animale.

Cette chaîne de valeur est structurée en quatre phases :

- Phase 1 : Etudes préalables,
- Phase 2 : Procédés appliqués aux biomasses,
- Phase 3 : Evaluation et formulation,
- Phase 4 : Exploitation et commercialisation

C.1. ÉTUDES PRÉALABLES

Les études préalables nécessaires à la chaîne de valeur des coproduits marins englobent un état des lieux des ressources disponibles en terme de qualité et de quantité, des études de traçabilité du produit, un criblage des molécules d'intérêt, une analyse de marché et enfin une veille technologique.

C.1.1. État des lieux des ressources disponibles (qualité / quantité)

Dans une stratégie de valorisation des coproduits marins par des procédés biotechnologiques, l'approvisionnement est une étape clé en raison d'une pression croissante au niveau mondial sur les coproduits disponibles. Aujourd'hui, la collecte des coproduits (têtes, viscères, arêtes, peaux) entre les sites de production de produits de la mer (ports de pêche, entreprises de première et de seconde transformations) est assurée dans le Grand Ouest par quelques sociétés telles que Bioceval et Atlantic Pet Food Exploitation, par exemple. Les volumes les plus importants de coproduits sont ensuite acheminés vers les lieux de production de farines et d'huiles animales, tandis qu'une petite fraction de coproduits sélectionnés est traitée par des entreprises de biotechnologie.

L'état des lieux des ressources disponibles en termes de qualité et de quantité est généralement du ressort des **chercheurs** et **enseignants-chercheurs** spécialisés dans la valorisation des biomasses marines animales qui travaillent en lien direct avec les sociétés de collecte des coproduits et les organisations de producteurs. Ces spécialistes de la valorisation auront notamment des connaissances en **biologie marine** (écologie, systématique) et en **halieutique** (techniques de pêche, données mondiales sur la pêche et l'aquaculture).

C.1.2. Traçabilité

La traçabilité doit être considérée à deux niveaux :

1. elle débute dès réception des matières premières sous forme d'un code barre (nature et poids du produit, date de production, numéro de lot, etc.) et se poursuit jusqu'à la commercialisation des produits chez le poissonnier ou les lieux de première et seconde transformations. L'objectif est de connaître l'origine du produit commercialisé afin de renseigner le consommateur et de proposer un produit de qualité sur le marché. Ce type de traçabilité requiert des compétences en **contrôle qualité** et en **biochimie**. Elle est généralement assurée par le **responsable qualité** ou par des opérateurs travaillant sous le contrôle du responsable qualité,

2. la traçabilité génétique est confiée à des **généticiens** qui, par des techniques de **biologie moléculaire**, peuvent identifier les espèces à partir d'un filet de poisson ayant perdu toutes caractéristiques autorisant une reconnaissance sur la base de critères visuels. Elle permet également de tracer un produit fini et de reconnaître la composition en espèces présentes dans le produit fini.

Ces métiers sont transverses aux quatre chaînes de valeur et ont donc été décrits en première partie de l'annuaire.

C.1.3. Criblage des molécules d'intérêt

Un grand nombre de molécules d'intérêt peut être extraites à partir des coproduits marins : lipides d'intérêt nutritionnel (oméga 3), protéines (collagène), chitine/chitosan, pigments, peptides à activités biologiques (généralement des di- et tri-peptides), biopolymères de type acide hyaluronique ou sulfate de chondroïtine, etc.

Le criblage de molécules d'intérêt est tout d'abord réalisé au laboratoire par des **chercheurs** et **enseignants-chercheurs** en collaboration avec des **ingénieurs de recherche**, des **ingénieurs d'études** et des **techniciens** pour mettre au point les protocoles d'extraction des composés bioactifs. Les molécules extraites sont souvent partiellement ou totalement purifiées avant évaluation des activités biologiques à l'aide de tests *in vitro*, sur modèles cellulaires, et *in vivo* (cf parties C.2.1. et C.3.1). Dans le cadre d'une recherche partenariale avec une entreprise privée, les recherches sont menées en interaction avec le **responsable R&D** et ses collaborateurs au sein de la société privée.

C.1.4. Analyse de marché

L'analyse de marché, assurée par le **chargé d'étude en marketing**, est toujours une étape nécessaire avant de se lancer dans la démarche de valorisation d'un coproduit marin. Elle permet de connaître la demande et l'intérêt du marché face au nouveau produit pour augmenter les chances de succès commercial pour l'entreprise.

C.1.5. Veille technologique et Propriété Intellectuelle

La veille technologique est menée à deux niveaux :

1. dans les centres de recherche par les **chercheurs** et les **enseignants-chercheurs** à partir de l'étude régulière d'articles scientifiques sur le sujet d'intérêt. Cette activité de veille académique maintient à jour les chercheurs dans leurs domaines d'études, ce qui leur permet le cas échéant d'innover au sein de leurs laboratoires,

2. dans les entreprises par le **responsable R&D** et son équipe pour identifier des molécules à valoriser, développer de nouveaux concepts et mettre au point des procédés innovants. Elle permet également de s'assurer que le produit visé ou le procédé ne sont pas déjà protégés par un(des) brevet(s).

Le dépôt d'un brevet assurera à l'inventeur l'exclusivité de son utilisation. Notons également que certains organismes tels que les SATT (Société d'Accélération du Transfert de Technologie) travaillent à l'interface des centres de recherche et des entreprises et se chargent parfois du volet lié à la propriété intellectuelle. Tous ces métiers sont transverses aux quatre chaînes de valeur et donc décrits en première partie de l'annuaire.

Bioréacteur à membrane. © wikipedia.org

C.2. PROCÉDÉS

Ce chapitre dédié aux procédés appliqués aux biomasses marines pour valoriser les coproduits comprend un volet technique centré sur le développement de procédés, un volet de gestion de projet, une étude de changement d'échelle et de traitement des effluents et traitera en fin de partie du contrôle qualité.

C.2.1. Développement de procédés : stabilisation, extraction, hydrolyse, fractionnement, purification et caractérisation des molécules d'intérêt

Les protocoles appliqués à la valorisation des coproduits marins dans le but d'en extraire les composés d'intérêt requièrent notamment des compétences en **biologie**, **biochimie**, **génie des procédés**, **enzymologie**. **Chercheurs** et **enseignants-chercheurs** élaborent les protocoles et les testent à l'aide des équipes de recherche composées d'**ingénieurs** et de **techniciens**. Dans les structures privées, ce sont les **responsables R&D** et leurs équipes (**assistant R&D**, **techniciens**) qui assurent ces tâches en lien direct avec le **responsable de production**, le **marketing** et le **service commercial**.

La stabilisation consiste en la préservation de la biomasse fraiche sans altération avant d'être exploitée au laboratoire ou en entreprise. La conservation par froid positif ou négatif est privilégiée.

L'extraction des composés d'intérêt des coproduits peut être réalisée selon plusieurs techniques en fonction de la (des) molécule(s) à extraire. La première étape est le broyage à basse température pour déstructurer les matières premières. Les techniques d'extraction varient selon la matière première traitée et les composés d'intérêt :

- *Cas des protéines de structure :* hydrolyse partielle en milieu acide ou alcalin puis extraction à l'eau chaude à des températures croissantes pour solubiliser les protéines de collagène en gélatine. La gélatine est un ingrédient alimentaire utilisé pour ses propriétés gélifiantes notamment en confiserie, pâtisserie, produits laitiers, etc. Elle est également utilisée par l'industrie pharmaceutique (fabrication des capsules molles) et la cosmétique. Un autre procédé qui a fait l'objet d'une dizaine de brevets a été développé dans les années 2000 : les protéines sont extraites par la technique du « pH-shift », qui consiste à imposer des conditions drastiques de pH et de température à la biomasse (Hultin & Kelleher, 2002 - Brevet WO0220720 A2). Les protéines sont ainsi solubilisées puis isolées en fonction de leur point isoélectrique. Ce procédé permet par ailleurs d'éliminer les lipides et les pigments, ce qui permet d'obtenir une solution protéique stable pour des applications potentielles en agroalimentaire (préparations alimentaires à base de protéines), nutrition (peptides actifs) et santé (biomédical).
- *Cas de la chitine :* la chitine est le constituant majeur de l'exosquelette des crustacés (carapaces) et de l'endosquelette des céphalopodes. C'est le deuxième polymère le plus abondant après la cellulose. Elle est extraite par traitements chimiques (acide/base) des coproduits. Un traitement enzymatique permet d'obtenir des chito-oligomères à haute valeur ajoutée. La chitine et le chitosan (son dérivé déacétylé) trouvent des applications dans le traitement de l'eau (coagulant, chélateur de métaux), l'alimentation et la nutraceutique, et en cosmétique (hydratants, anti-bactériens, traitements capillaires, gels dentaires). La chitine de grade ultrapur trouve des applications à très haute valeur ajoutée dans le domaine des dispositifs médicaux.
- *Cas des hydrolysats et des peptides bioactifs :* les procédés d'hydrolyse enzymatique permettent d'obtenir des hydrolysats avec des profils aromatiques d'intérêt pour l'agroalimentaire et le pet-food. Dans le cas de la production de peptides bioactifs*, les procédés d'hydrolyse avec un contrôle continu du pH et de la température de travail sont développés afin de garantir la reproductibilité des lots. Ainsi, il est possible d'obtenir une infinité de peptides aux propriétés biologiques variées (anti-hypertenseur, antioxydant, antimicrobien, anti-stress, régulateurs du métabolisme du calcium, etc.).

*Les peptides bioactifs sont des fragments spécifiques de protéine capables d'exercer des activités de régulation des fonctions biologiques (c'est-à-dire de réduire le risque de maladies ou d'améliorer certaines fonctions biologiques). Ils sont inactifs dans la protéine parent, ont un faible poids moléculaire et sont facilement absorbables et digestibles. Bien que les hydrolysats obtenus ne soient pas des médicaments, ils peuvent aider à maintenir en bonne santé contre le stress oxydant, l'hypertension artérielle, le diabète, le taux de cholestérol anormalement élevé, certains types de cancer ou encore l'obésité. Les deux principaux domaines d'applications des hydrolysats sont l'alimentation animale (facteurs d'appétence, peptides immunostimulants, peptides bioactifs) et l'alimentation humaine (PAI : arômes de crustacés, ingrédients technofonctionnels, émulsifiants).

Tout comme les phases d'extraction et d'hydrolyse, le fractionnement et la purification sont réalisés par les **chercheurs**, **ingénieurs** et **techniciens** dans les universités et par les **responsables R&D** dans les entreprises. Grâce à des compétences en **biochimie** et en **génie des procédés**, il s'agit de séparer les constituants d'un mélange en fonction de leurs paramètres physico-chimiques (poids moléculaire, taille, polarité, charge, etc.) notamment par des techniques de chromatographie et/ou des procédés membranaires.

Enfin, la caractérisation assure la présence de la molécule d'intérêt dans la fraction recueillie et permet de connaître sa structure chimique précise. Elle fait appel à différents techniques selon la nature de la molécule d'intérêt : spectrométrie de masse, RMN, IRTF, etc.

C.2.2. Gestion de projet

Elle est assurée par les **chercheur** et/ou **enseignant-chercheur** et/ou **responsable R&D** impliqués dans la réalisation du projet de valorisation ces coproduits marins.

C.2.3. Changement d'échelle

Le changement d'échelle, aussi appelé « scale-up », intervient après la mise au point au laboratoire de protocoles adéquats pour le développement des procédés (extraction, hydrolyse, fractionnement, purification des molécules d'intérêt). Il s'agit d'augmenter les volumes afin de passer un protocole de l'échelle du laboratoire (quelques grammes) à l'échelle industrielle (plusieurs tonnes). Il s'opère souvent en deux étapes : du laboratoire aux essais pilotes, puis des essais pilotes à l'échelle industrielle. L'étape intermédiaire des essais pilotes permet de réajuster si besoin le protocole pour minimiser les pertes de rendement ou de qualité.

Le changement d'échelle est généralement assuré par le **responsable R&D** et le **responsable de production**. Tous deux travaillent de concert pour ajuster les réglages entre les essais laboratoires, pilotes et industriels.

C.2.4.Traitement des effluents et coproduits

Toutes les manipulations, à l'échelle du laboratoire ou à l'échelle industrielle, produisent des effluents et des coproduits considérés comme des déchets qu'il faut traiter afin d'éviter qu'ils ne nuisent à l'environnement. Ces effluents et coproduits peuvent être de nature chimique ou biologique. Les effluents chimiques sont notamment dus aux solvants (par ex. acides et bases) utilisés pour les procédés d'extraction, d'hydrolyse et de purification, tandis que les effluents biologiques sont dus aux pertes de biomasse lors du procédé de transformation. Les effluents peuvent être traités pour partie sur le site industriel lui-même et/ou pris en charge par des entreprises spécialisées dans le traitement des déchets. Ces métiers sont du ressort des **ingénieurs environnement** ou des **chargés de recherche et développement en traitement des déchets**, dont voici les caractéristiques.

Chargé d'études en environnement (H/F)

L'ingénieur environnement prévoit et mesure l'impact des méthodes de production sur l'environnement. Après analyse, il propose des solutions adaptées pour maitriser la pollution de l'environnement et le traitement des déchets. Il veille au respect de la réglementation en vigueur et des normes environnementales tout en entravant le moins possible la production industrielle.

Compétences techniques

Connaissances scientifiques et techniques en matière d'environnement, maîtrise des notions juridiques, réglementaires et économiques inhérentes à son activité.

C.3. ÉVALUATION / FORMULATION

La troisième partie de cette chaîne de valeur consiste en l'évaluation de l'efficacité des actifs issus de la transformation des coproduits marins, puis l'élaboration de formules intégrant ces nouveaux actifs sous une forme stabilisée. Enfin, un point sur la réglementation en vigueur en fin de troisième partie permet de valider les points juridiques avant la mise sur le marché du produit.

C.3.1. Évaluation de l'efficacité, tests *in vitro*, sur modèles cellulaires, *in vivo* et études cliniques

Les tests *in vitro*, sur modèles cellulaires, et *in vivo* permettent d'évaluer l'efficacité des activités biologiques d'un produit.

Aujourd'hui, les tests *in vitro* sont miniaturisés et généralement réalisés en microplaques de 96 puits. Il existe différents types de tests selon l'activité biologique recherchée (antioxydantes, antimicrobiennes, anti-inflammatoires, etc.). Ces tests sont uniquement basés sur des réactions entre composés chimiques, aussi les résultats doivent-ils être interprétés avec précaution.

Les tests sur modèles cellulaires, comme leur nom l'indique, sont réalisés sur des cellules afin de tester l'efficacité du produit sur du matériel vivant.

Les tests *in vivo* sont directement réalisés sur des modèles animaux (rats, souris, grenouilles, etc.). Ces tests sont du ressort des **chercheurs**/**enseignants-chercheurs** en collaboration avec des **ingénieurs** ou des **techniciens de laboratoire** spécialisés dans les manipulations animales.

Enfin, les tests cliniques sur les humains ont pour objectif de vérifier l'efficacité et l'innocuité d'un composé d'intérêt. Ils interviennent après la validation des essais *in vivo*. Ces tests sont du ressort du **technicien d'études cliniques (TEC)** et du **médecin investigateur**, dont les métiers et compétences associés sont décrits dans la partie V.3.2. de la chaîne de valeur sur les végétaux marins.

C.3.2. Propriétés techno-fonctionnelles, stabilisation, vectorisation, formulation et assemblage

L'étude des **propriétés techno-fonctionnelles** fait appel à des techniques de **rhéologie** et de **biochimie**. Ce sont les propriétés physiques ou physico-chimiques des protéines ayant une incidence sur le comportement sensoriel de celles-ci dans les systèmes alimentaires pendant les transformations technologiques, les préparations culinaires, la conservation et la consommation. Quelle que soit l'origine de la protéine, elle intervient sur la couleur, la flaveur ou encore la texture d'un produit. Ces caractéristiques organoleptiques interviennent de façon déterminante dans le choix du consommateur et sont dans ce cas largement prises en compte par les industriels. La fonctionnalité des protéines est le résultat d'interactions moléculaires de ces dernières avec leur environnement (autres molécules, pH, température, pression, etc.).

Par exemple, lors de l'extraction du collagène à partir des peaux de poisson, on évalue le comportement visco-élastique du collagène et/ou de la gélatine obtenue, sa température de fusion, le nombre de liaisons croisées, etc. Toutes ces caractéristiques permettent de comparer la résistance des collagènes marins - dont les caractéristiques dépendent de la température dans laquelle vit le poisson – avec les collagènes extraits de coproduits de mammifères.

La vectorisation est une technique qui permet de transmettre à l'aide d'un vecteur une molécule sans que celle-ci soit dégradée au cours de son transport de sa source à sa cible. Cette technique est utilisée pour transporter des protéines, peptides, lipides et sucres. Dans le cas de lipides marins d'intérêt santé, les chaînes d'acides gras de type oméga-3 peuvent être encapsulées dans une matrice à cœur hydrophobe (pour enrober l'acide gras) et à surface hydrophile pour pouvoir être mobile dans des milieux aqueux sans dégradation majeure.

Formulation et assemblage consistent à « écrire la recette » du produit, et sont assurés par un **responsable formulation** dont le métier est décrit dans la partie V.4.1. de la chaîne de valeur sur les végétaux marins. L'homologation est obtenue après soumission d'un dossier auprès des autorités compétentes.

C.3.3. Innovation, réglementation et homologation

Le volet innovation est du ressort de l'**ingénieur R&D**, parfois associé à **un consultant en management de l'innovation**, dont les métiers sont transverses aux quatre chaînes de valeur et donc décrits en première partie de l'annuaire. Les innovations permettent de rester compétitif sur le marché et de proposer des produits nouveaux et attractifs. Pour cela, l'**ingénieur R&D** fait appel aux compétences d'un **chargé d'études en marketing**, métier également transverse aux quatre chaînes de valeur.

Les aspects réglementaires et législatifs sont du ressort du **responsable qualité**, qui dans certains cas est amené à collaborer avec des consultants spécialistes des questions de réglementation. L'objectif est de s'assurer de la conformité du produit par rapport aux normes sanitaires nationales et internationales en vue de son homologation.

C.3.4. Contrôle qualité

Les coproduits marins sont très souvent exposés à des contaminations microbiennes qui peuvent altérer leur qualité (couleur, odeur, vision, texture, etc.). Cette étape est réalisée par un **ingénieur qualité** ou un **technicien spécialisé en analyses biologiques et biochimiques**. Ces métiers et leurs compétences associées sont transverses aux quatre chaînes de valeur et donc présentés en première partie de l'annuaire.

Réacteurs enzymatiques pour la production de peptides actifs. © improve-innov.com.

C.4. EXPLOITATION / COMMERCIALISATION

La dernière étape de cette chaîne de valeur consiste en l'exploitation et à la commercialisation du produit issu des coproduits. Elle comporte trois grands points, à savoir un volet propriété intellectuelle, un volet emballage et conditionnement et un dernier volet marketing, distribution et communication.

C.4.1. Propriété intellectuelle

La propriété intellectuelle est toujours un point sensible. C'est elle qui garantit l'exclusivité du savoir-faire de l'entreprise, que ce soit au niveau du développement de procédés ou de toute autre découverte généralement mise au point par l'équipe de recherche et développement. La protection de ces inventions est du ressort de l'**ingénieur en propriété intellectuelle**. Ce métier est décrit dans les métiers transverses placés en début d'annuaire

C.4.2. Emballage, conditionnement

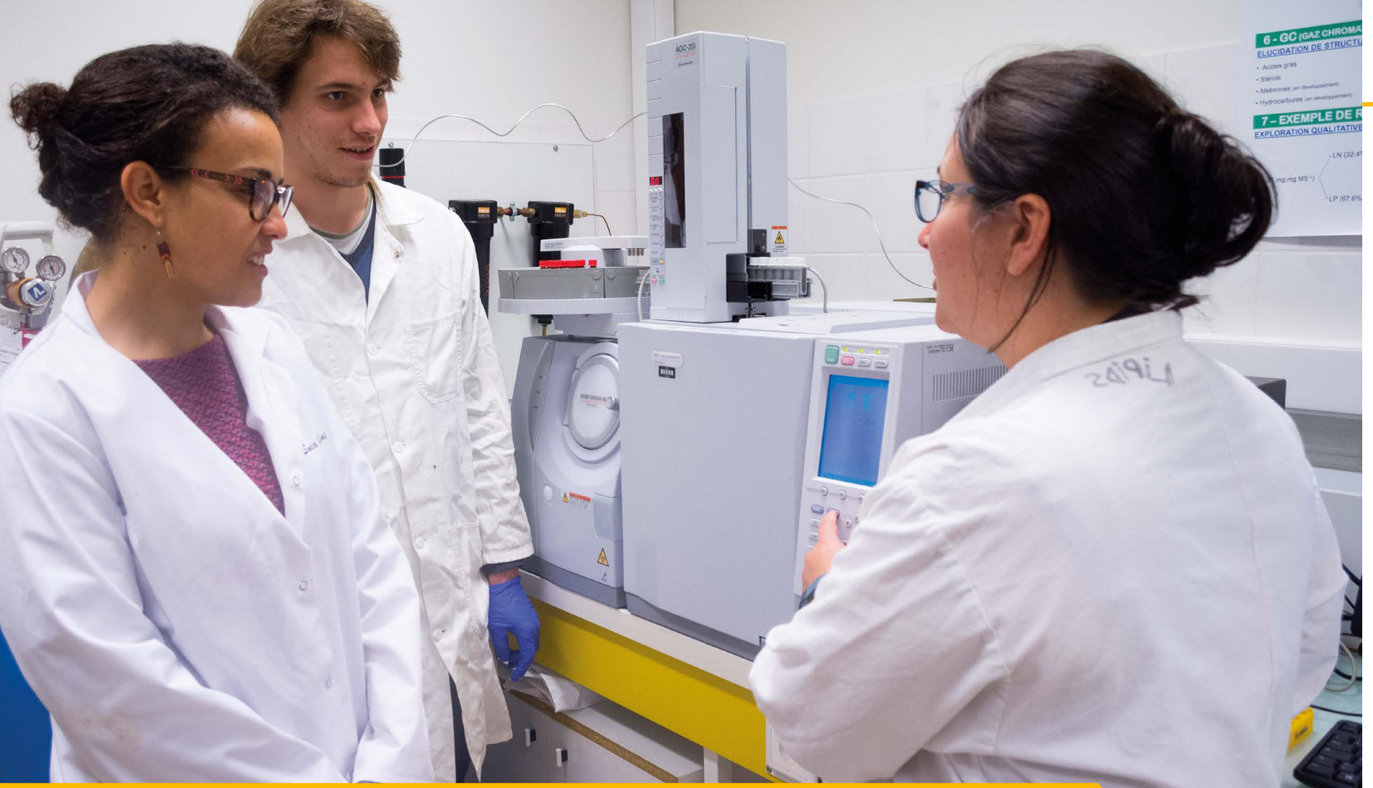
L'emballage et le conditionnement du nouveau produit doivent être travaillés pour attirer le client d'une part et pour assurer une conservation optimale d'autre part. Des nouveaux types d'emballages commencent à apparaître sur le marché avec notamment des emballages en algues recyclées ou autres matériaux innovants de types bioplastiques. La recherche du meilleur emballage possible est du ressort du **responsable packaging** qui peut développer lui-même son emballage ou éventuellement sous-traiter avec d'autre(s) entreprise(s). Son métier étant transverse aux quatre chaînes de valeur, il a été présenté en première partie de l'annuaire.

C.4.3. Marketing, distribution, communication

Le marketing, la distribution et la communication sont trois aspects qui relèvent des compétences du **responsable marketing**. Il gère la communication autour du produit créé, et assure sa distribution aux clients potentiels.

Bibliographie

- Boyen C., Jaouen P. *et al*., 2015. Les Biotechnologies dans le Grand Ouest, Europole Mer Ed.
- Bras L. 2014. Algues. La Bretagne, un vaste champ à cultiver. Ouest France, Mardi 02 décembre 2014.
- Buchal M., Levin J.E., Langdon C., 1998. Dulse Palmaria mollis as a settlement substrate and food for the red abalone Haliotis rufescens. Aquaculture, n°165, p. 243 – 260.
- Ferra C., Aquaculture, 1296 p, Editions Vuibert, 2008.
- Guérard F., 2009. Valorisation des Biomasses : l'or des co-produits. Biofutur 301: 39-41. Lavoisier (AN: 21752947)
- Hultin H., Kelleher S., 2002. Brevet WO0220720 A2. Extraction à haute efficacité de protéines.
- Le Floc'h P., Bourseau P., Daurès F., Guerard F., Le Grel L., Meunier M., Tuncel M., 2011. Valorisation des co-produits de la mer et territoire : enjeux territoriaux - Increasing the value of marine coproducts and territories : territorial issues. Revue d'Economie Régionale et Urbaine RERU, N°1, 213-225. www.armand-colin.com/revues.
- Mesnildrey L., Jacob C., Frangoudes K., Reunavot M., Lesueur M., 2012. La filière des macro-algues en France. Rapport d'étude. NETALGAE – Interreg IVB. Les publications du Pôle halieutique AGROCAMPUS OUEST n°9, 38 p.
- Person J., 2010. Algues, filière du futur, livre turquoise. Lando et Mathieu Coord., Adebiotech Ed.



FORMATIONS

Etudiants en cours de travaux pratiques. © S. Hervé / IUEM / UBO

LISTE NON EXHAUSTIVE DES FORMATIONS

Certaines formations étant pluridisciplinaires, elles peuvent se retrouver dans différentes rubriques. Certaines parcours proposés en formation initiale le sont également par alternance.

MÉTIERS TRANSVERSES

Chercheur / Enseignant-chercheur / Ingénieur de recherche

Les chercheurs, enseignant-chercheurs et ingénieurs de recherche ont un niveau d'étude équivalent à Bac+8, ce qui leur confère le grade de docteur. Ils acquièrent ce grade après 3 années de doctorat qu'ils mènent au sein d'une école doctorale. Les écoles doctorales proposent différentes spécialités, ce qui permet aux doctorants de se spécialiser dans un domaine d'étude pointu. Dans le cas des chaînes de valeur décrites ici, les spécialisations concernées sont la biologie générale, la microbiologie, la biochimie, la génétique et la biologie cellulaire et moléculaire. Ainsi, on parlera de « chercheur, enseignant-chercheur ou ingénieur de recherche spécialisé en […] ». Il existe 9 écoles doctorales en Bretagne et Pays de la Loire en lien avec les domaines d'études cités tout au long de cet annuaire.

- École doctorale des Sciences de la Mer et du Littoral (EDSML). Université de Bretagne Occidentale et Université de Bretagne Sud.
- École doctorale Ecologie, Géosciences, Agronomie, Gestion (EGAAL). Université de Bretagne Occidentale, ESIAB.
- École doctorale Santé, Information, Communication, Mathématiques, Matières (SICMA). Université de Bretagne Occidentale.
- École doctorale Vie, Agro, Santé (VAS). Université de Rennes.
- École doctorale des Sciences de la Matière (SDLM). Cette école doctorale est le fruit d'un regroupement entre l'INSA Rennes et l'Université de Rennes.
- École doctorale Matières, Molécules, Matériaux en Pays de la Loire (3MPL). Cette école doctorale est le fruit d'un regroupement entre l'Université de Nantes, l'Université d'Angers, l'Université du Maine et l'Ecole des mines de Nantes.
- École doctorale Sciences Pour l'Ingénieur, Géosciences, Architecture (SPIGA). Cette école doctorale est le fruit d'un regroupement entre l'Ecole Centrale de Nantes, l'Ecole des mines de Nantes, ONIRIS Nantes, le CNAM Paris, l'Université de Nantes et l'Université du Maine. L'ENSA Nantes est également un établissement associé.
- École doctorale Végétal, Environnement, Nutrition, Agroalimentaire et Mer (VENAM). Cette école doctorale est le fruit d'un regroupement entre l'Université du Maine, l'Université de Nantes et les écoles d'ingénieurs ONIRIS Nantes et AgroCampus Ouest Rennes.
- École doctorale Biologie Santé (BS). Cette école doctorale est le fruit d'un regroupement entre l'Université de Nantes, Angers, Le Mans (UNAM) et l'école d'ingénieur ONIRIS Nantes.

Ingénieur recherche et développement / chef de projet / ingénieur d'étude

Formation initiale

Master

- Master Sciences de la mer et du littoral, mention Sciences biologiques marines, spécialité Valorisations biotechnologiques des ressources marines. Institut Universitaire Européen de la Mer, Université de Bretagne Occidentale, Brest (29).
- Master Sciences de la mer et du littoral, mention Sciences biologiques marines, spécialité Biologie des organismes marins. Institut Universitaire Européen de la Mer, Université de Bretagne Occidentale, Brest (29).
- Master Sciences de la mer et du littoral, mention Sciences biologiques marines, spécialité Ecosystèmes marins. Institut Universitaire Européen de la Mer, Université de Bretagne Occidentale, Brest (29).

- Master Sciences de la mer et du littoral, mention Sciences biologiques marines, spécialité Approche écosystemique de l'halieutique. Institut Universitaire Européen de la Mer, Université de Bretagne Occidentale, Brest (29) en partenariat avec AgroCampus Ouest Rennes (35).
- Master Pro Innovation en industries alimentaires. Master co-habilité entre l'école d'ingénieur ESIAB et l'Université de Bretagne Occidentale, Brest (29).
- Master Biologie et santé, spécialité Alimentation, droit, nutrition, santé. Université de Bretagne Occidentale, Brest (29).
- Master Recherche Biologie et santé, avec 2 spécialités : (i) Microbiologie fondamentale et appliquée et (ii) Gestion et conservation de la biodiversité. Université de Bretagne Occidentale, Brest (29).
- Master mention Environnement marin et biotechnologies, spécialité Biotechnologies : biomolécules, microorganismes et bioprocédés. Université de Bretagne Sud, Lorient (56).
- Master mention Environnement marin et biotechnologies, spécialité Ingénierie et gestion des ressources côtières. Université de Bretagne Sud, Vannes (56).
- Master mention Biologie, agronomie, santé, spécialité Microbiologie fondamentale et appliquée. Master co-habilité entre l'école d'ingénieur AgroCampus Ouest et l'Université de Rennes (35).
- Master mention Biodiversité, écologie, environnement, spécialité Ressources aquatiques et exploitation durable. Université de Rennes (35).
- Master mention Agronomie, spécialité Halieutique. Université de Rennes (35).
- Master mention Ingénierie environnementale, spécialité Sciences halieutiques et aquacoles. Université de Rennes (35).
- Master Pro Alimentation, Lait, Innovation, Management, parcours Innovation et Alimentation. Université de Rennes (35).
- Master Sciences et technologies, mention Sciences de l'univers, environnement et écologie avec 2 spécialités : (i) Océanographie et environnement marin et (ii) Ecologie, biodiversité et évolution. Université Pierre et Marie Curie à la station biologique de Roscoff (29).
- Master Sciences et technologies, mention Biologie intégrative et physiologie, spécialité Biologie et physiologie comparées, adaptation au milieu. Université Pierre et Marie Curie à la station biologique de Roscoff (29).
- Master Sciences et technologies, mention Biologie moléculaire du développement et évolution, spécialité Biologie cellulaire, développement et cellules souches. Université Pierre et Marie Curie à la station biologique de Roscoff (29).
- Master Sciences et technologies, mention Biologie et santé, spécialité Biologie et bioressources marines. Université Pierre et Marie Curie à la station biologique de Roscoff (29).
- Master mention Ingénierie chimique et biologique, spécialité Bioprocédés et biotechnologie marine (va devenir Marine bioprocess engineering). Université de Nantes (44).
- Master mention Ingénierie chimique et biologique, spécialité Génie des procédés et des bioprocédés. Université de Nantes (44).
- Master mention Terre, planètes et environnement, spécialité Ecosystèmes et bioproductions, spécialité Ecosystèmes et bioproductions. Université de Nantes (44).
- Master Erasmus, mention Aquaculture, environment & society. Université de Nantes (44) en partenariat avec The Scottish Association for Marine Sciences (Oban, Ecosse) et l'Université de Crète.
- Master international Microalgal bioprocess engineering (en 2016). Ecole Polytech'Nantes, Université de Nantes (44).
- Master Ingénierie chimique et agroalimentaire. Université de Nantes / Ecole des mines de Nantes (44).
- Master Ingénierie et management de la santé, spécialité Produits de santé : innovation, recherche et développement. Université d'Angers (49).

Ecole d'ingénieur

- ESIAB, Ecole supérieure d'ingénieur en agroalimentaire de Bretagne Atlantique, Brest (29), ingénieur Microbiologie et qualité.
- AgroCampus Ouest Rennes (35), ingénieur en agroalimentaire (3 spécialités).
- AgroCampus Ouest, Rennes (35), ingénieur agronome (9 spécialités).
- ECAM Louis de Broglie, Rennes (35), ingénieur Généraliste.
- ONIRIS Nantes (44), filières Alimentation – agroalimentaire ou Biotechnologies de la santé.
- Polytech Nantes (44), ingénieur Génie des procédés et bioprocédés.

Formation continue

- Ecole supérieure d'ingénieur en agroalimentaire de Bretagne Atlantique, Brest (29), formation d'ingénieur en partenariat FIP-ESIAB/IFRIA, Quimper (29).
- AgroCampus Ouest, Rennes (35), ingénieur en agroalimentaire en partenariat avec l'IFRIA Quimper.

Technicien en sciences biologiques

Tout comme les métiers de chercheur, d'enseignant-chercheur et d'ingénieur de recherche, les techniciens en sciences biologiques sont spécialisés dans des domaines suivant la formation suivie (biologie générale, environnement, biochimie, biologie cellulaire et moléculaire, etc.). Ainsi, nous avons essayé de lister des formations aux domaines différents, mais tous en lien avec les biotechnologies marines.

Formation initiale

BTS / IUT

- BTS Bioanalyses et contrôles. Lycée section professionnelle Jean Macé, Lanester (56) / Lycée polyvalent Jean Moulin, Angers (49).
- IUT Génie biologique, option Génie de l'environnement. Université de Bretagne Occidentale, Brest (29) / Université de Nantes, IUT de la Roche sur Yon (44)
- IUT Génie biologie, option Industrie alimentaire et biologique. Université de Bretagne Occidentale, Quimper (29) / Université de Rennes (35) / Université d'Angers (49).
- IUT Génie biologique, option Analyses biologiques et biochimiques. Université de Bretagne Occidentale, Brest (29) ou Quimper (29) / Université du Maine, Laval (53) ou Le Mans (72) / Université d'Angers (49).
- IUT Génie biologie, spécialité Agronomie. Université de Bretagne Occidentale, Brest (29) / Université d'Angers (49).
- IUT Génie chimique, option Génie des procédés. Université de Nantes (44).

Licence professionnelle

- Licence Pro Sciences de la vie et de la Terre, spécialité Techniques d'analyses chimiques et biologiques. Université de Bretagne Sud (Lorient et Vannes – 56).
- Licence Pro Biologie analytique et expérimentale des micro-organismes du végétal et de l'animal. Université d'Angers (49).

Licence

- Licence Sciences de la Vie, avec 2 parcours : i) Biologie des organismes et des populations et ii) Biologie cellulaire et physiologie. Université de Bretagne Occidentale, Brest (29).
- Licence Sciences de la vie et de la Terre, avec 4 spécialités : i) Biologie générale, ii) Sciences de l'environnement, iii) Biologie cellulaire et moléculaire et iv) Biotechnologies. Université de Bretagne Sud, Vannes ou Lorient (56).
- Licence mention Biologie, avec 4 spécialités : i) Biochimie et nutraceutique, ii) Biologie cellulaire, génétique, microbiologie et physiologie animale, iii) Sciences végétales et iiii) Biologie des organismes. Université de Rennes (35).
- Licence mention Biologie avec 7 parcours de spécialisation en troisième année. Université Catholique de l'Ouest, Guingamp (22).
- Licence bi-disciplinaire Biologie-mathématiques. Université Pierre et Marie Curie à la station biologique de Roscoff (29).
- Licence mention Sciences de la vie, avec 3 parcours : i) Biochimie - biologie moléculaire, ii) Biologie cellulaire et physiologie animale et iii) Advanced biology training. Université de Nantes (44).
- Licence Sciences de la Vie, parcours Biologie des organismes. Université du Maine, Le Mans (72).
- Licence Biologie biochimie Terre environnement, parcours Biologie biochimie. Université de Maine, Le Mans (72).
- Licence Sciences de la vie et de la Terre, parcours Biologie des organismes et des populations. Université d'Angers (49).

Cas particulier : diplômes de niveau Bac+3 délivrés par Intechmer, Cherbourg (50).
- Bachelor océanographe – prospecteur
- Cadre technique production et valorisation des ressources marines
- Cadre technique génie de l'environnement marin.

Formation par alternance

- Licence Pro Productions Animales, spécialité Valorisation des produits aquatiques. Université de Bretagne Occidentale, Quimper (29).

Chef de projet / Ingénieur PI / Ingénieur brevets

Formation initiale

Master
- Master mention Économie et gestion des entreprises, spécialité Concurrence, consommation, droit de la propriété industrielle. Université de Rennes (35).
- Master mention Droit privé et sciences criminelles, spécialité Propriété intellectuelle. Université de Nantes (44).

Ecole d'ingénieur
- ECAM Louis de Broglie, Rennes (35), Ingénieur Généraliste.
- ISTIA Angers (49), ingénieur en Génie des systèmes industriels, parcours Ingénierie de l'innovation.

Formation continue

- Diplôme Universitaire en Propriété intellectuelle. Université de Nantes (44).
- L'INPI (Institut national de la propriété industrielle) propose des formations diplômantes et certifiantes, de niveau Master (Bac+5) et Mastère (Bac+6), ainsi que des formations professionnelles sous forme de stages courts et longs. Retrouver leur offre de formations sur leur site internet (http://www.inpi.fr/fr/accueil.html).
- Le CEIPI (Centre d'Etudes Internationales de la Propriété Intellectuelle) propose des formations professionnelles sous forme de séminaires sur la propriété intellectuelle, le transfert des technologies, l'octroi des licences, la gestion collective du droit d'auteur et droits voisins. Retrouver leur offre de formation sur leur site internet (http://www.ceipi.edu/index.php?id=5415).

Chargé d'études en marketing

Formation initiale

IUT
- IUT Techniques de commercialisation. Université de Bretagne Occidentale, Quimper (29) / Université de Bretagne Sud, Vannes (56) / Université de Rennes, Saint Brieuc (22) / Université de Nantes, Saint Nazaire (44) / Université d'Angers (49) / Université du Maine, Laval (53).

Licence professionnelle
- Licence Pro Commerce et distribution, parcours Marketing et merchandising des produits alimentaires (MMPA). Université Catholique de l'Ouest, Guingamp (22).
- Licence Pro Management des organisations, spécialité Management et marketing des services. Université du Maine, Le Mans (72).

Licence / bachelor
- Licence mention Economie gestion. Université de Bretagne Occidentale, Brest (29).
- Licence mention Economie gestion, avec 3 parcours de spécialisation. Université de Bretagne Sud, Vannes (56).
- Licence mention Economie gestion commerce, parcours Gestion et commerce. Université Catholique de l'Ouest, Guingamp (22).
- Bachelor en développement commercial. France Business School, Vannes (56).

Master / mastère
- Master Sciences du management, spécialité Marketing des services. Université de Bretagne Occidentale, Brest (29).
- Master mention Administration des entreprises, parcours Marketing vente. Institut de Management de l'Université de Bretagne Sud, Vannes (56).
- Master Marketing international. École supérieure de commerce de Rennes (35).
- Master Marketing, spécialité Marketing stratégique et opérationnel, parcours Chargé d'études. Université de Rennes (35).
- Mastère Marketing, design et création. Ecole Centrale de Nantes (44).

Ecole d'ingénieur
- AgroCampus Ouest Rennes (35), ingénieur en agroalimentaire (3 spécialités).

Formation par apprentissage

- IUT Techniques de commercialisation. Université de Bretagne Occidentale, Quimper (29) / Université de Nantes, Saint Nazaire (44).

Formation continue

- AgroCampus Ouest, Rennes (35), ingénieur en agroalimentaire en partenariat avec l'IFRIA Quimper.

Responsable qualité

Formation initiale

IUT
- IUT Hygiène sécurité et environnement. Université de Bretagne Sud, Lorient (56).
- IUT Qualité, logistique industrielle et organisation. Université de Bretagne Sud, Lorient (56) / Université de Nantes (44).

Licence professionnelle
- Licence Pro Industries agroalimentaires, alimentations, avec 3 spécialités : i) Aliments, santé, ii) Management de la production dans les industries agroalimentaires et iii) Management des risques industriels. Université de Bretagne Occidentale, Brest (29).
- Licence Pro Coordinateur qualité, santé, sécurité, environnement. Université de Bretagne Sud, Lorient (56).
- Licence Pro Métiers de la logistique, de l'organisation, de la gestion industrielle et de la qualité. Université de Bretagne Sud, Lorient (56).
- Licence Pro Contrôle qualité des produits agroalimentaires. Université de Bretagne Sud, Pontivy (56).
- Licence Pro Animateur qualité sécurité environnement. Université de Rennes (35).
- Licence Pro Logistique et qualité. Université de Nantes (44).
- Licence Pro Industries agroalimentaires, alimentations, spécialité Hygiène et sécurité des productions agroalimentaires. Université du Maine, Laval (53).

Master
- Master Biologie santé, spécialité Analyse du risque toxicologique pour le consommateur. Université de Bretagne Occidentale, Brest (29).
- Master Pro Innovation en industries alimentaires. ESIAB - UBO, Quimper (29).
- Master Management des risques et de la qualité. Institut d'études politiques, Rennes (35).
- Master parcours Management de la qualité, avec 2 options : i) Ingénierie des produits alimentaires et ii) Ingénierie des produits cosmétiques. Université Catholique de l'Ouest, Guingamp (22).
- Master Ingénierie et management de la santé, spécialité Produits de santé : innovation, recherche et développement. Université d'Angers (49).

Ecole d'ingénieur
- ESIAB, Ecole supérieure d'ingénieurs en agroalimentaire de Bretagne Atlantique, Brest (29), ingénieur Microbiologie et qualité.
- AgroCampus Ouest Rennes (35), ingénieur en agroalimentaire (3 spécialités).
- AgroCampus Ouest, Rennes (35), ingénieur agronome (9 spécialités).
- ECAM Louis de Broglie, Rennes (35), ingénieur Généraliste.
- ONIRIS Nantes (44), filières Alimentation – agroalimentaire ou Biotechnologies de la santé.
- Polytech Nantes (44), ingénieur Génie des procédés et bioprocédés.

Formation continue

- Ecole d'ingénieur en agroalimentaire, spécialité Procédés industriels. Partenariat entre l'IFRIA (Quimper – 29) et l'ESIAB (Brest – 29).
- Ecole d'ingénieur en Développement et industrialisation. Partenariat entre l'IFRIA (Quimper – 29) et AgroCampus Ouest (Rennes – 35).

Formation par apprentissage

- Licence Pro Qualité hygiène sécurité santé environnement, spécialité Management des risques industriels en IAA (Industries Agro-Alimentaires). IFRIA, Quimper (29).
- Licence Pro Industrie agroalimentaire, alimentation, option Sécurité alimentaire. Université Pierre et Marie Curie en partenariat avec l'Institut Supérieur de Formation de Saint Pol de Léon (ISFFEL) et la station biologique de Roscoff (29).

Promotion / communication

Formation initiale

IUT
- IUT Techniques de commercialisation. Université de Bretagne Occidentale, Quimper (29) / Université de Bretagne Sud, Vannes (56) / Université de Rennes, Saint Brieuc (22) / Université de Nantes, Saint Nazaire (44) / Université d'Angers (49) / Université du Maine, Laval (53).

Licence professionnelle / bachelor
- Licence Pro Management des organisations, spécialité Management et marketing des services. Université du Maine, Le Mans (72).
- Bachelor en développement commercial. France Business School, Vannes (56).

Master
- Master Sciences du management, spécialité Marketing des services. Université de Bretagne Occidentale, Brest (29).
- Master mention Administration des entreprises, parcours Marketing vente. Institut de Management de l'Université de Bretagne Sud, Vannes (56).

- Master Marketing international. École supérieure de commerce de Rennes (35).
- Master Marketing, spécialité Marketing stratégique et opérationnel, parcours Chargé d'études. Université de Rennes (35).

Formation par apprentissage

- IUT Techniques de commercialisation. Université de Bretagne Occidentale, Quimper (29) / Université de Nantes, Saint Nazaire (44).

Responsable logistique

Formation initiale

IUT
- IUT Gestion, logistique et transport. Université de Bretagne Occidentale, Brest (29), (existe aussi en alternance) / Université de Nantes (44).
- IUT Qualité, logistique industrielle et organisation. Université de Bretagne Sud, Lorient (56) / Université de Nantes (44).
- IUT Gestion des entreprises et des administrations, option Petites et moyennes organisations. Université du Maine, Le Mans (72).

Licence professionnelle
- Licence Pro Métiers de la logistique, de l'organisation, de la gestion industrielle et de la qualité. Université de Bretagne Sud, Lorient (56).
- Licence Pro Conception et pilotage de la chaîne logistique globale. Université de Rennes (35).
- Licence Pro mention Commerce, spécialité Achat industriel et logistique. Université de Nantes (44).
- Licence Pro mention Logistique, spécialité Gestion des partenaires logistiques. Université de Nantes (44).

Master
- Master Administrations, management et économie des organisations, spécialité Management des chaînes logistiques globales. Université de Bretagne Occidentale, Brest (29).
- Master mention Économie et gestion des entreprises, spécialité Logistique. Université de Rennes (35).

Ecole d'ingénieur
- ECAM Louis de Broglie, Rennes (35), ingénieur Généraliste.

Formation par apprentissage

- ECAM Louis de Broglie, Rennes (35), ingénieur Génie industriel.

Formation continue

- Licence Pro Logistique et pilotage des flux, spécialité Logistique des filières alimentaires. Université de Bretagne Occidentale en collaboration avec l'IFRIA, Quimper (29).

Responsable achats

Formation initiale

IUT

- IUT Techniques de commercialisation. Université de Bretagne Occidentale, Quimper (29) / Université de Bretagne Sud, Vannes (56) / Université de Rennes, Saint Brieuc (22) / Université de Nantes, Saint Nazaire (44) / Université d'Angers (49) / Université du Maine, Laval (53).

Licence professionnelle

- Licence Pro mention Commerce, spécialité Achat industriel et logistique. Université de Nantes (44).
- Licence Pro mention Commerce, spécialité Achats. Université d'Angers (49).
- Licence Pro mention Commerce, spécialité Agroalimentaire et agro-fournitures. Université du Maine, Laval (53).

Formation initiale

Licence professionnelle

- Licence Pro mention Commerce et distribution. Université de Bretagne Sud, Vannes (56).

Responsable formulation

Formation initiale

Licence professionnelle / licence

- Licence Pro Biotechnologies, spécialité Développement des produits cosmétiques et de santé. Université de Bretagne Sud, Vannes (56).
- Licence Pro Ingénierie des produits diététiques et de nutrition. Université Catholique de l'Ouest, Guingamp (22).
- Licence Pro Santé, spécialité Cosmétologie. Université de Nantes (44).
- Licence mention Sciences pour l'ingénieur, avec 2 parcours : i) Ingénierie des produits cosmétiques et ii) Ingénierie des produits alimentaires et de santé. Université Catholique de l'Ouest, Guingamp (22).

Master

- Master Biologie et santé, spécialité Alimentation, droit, nutrition, santé. Université de Bretagne Occidentale, Brest (29).
- Master Pro Innovation en industries alimentaires. ESIAB - UBO, Quimper (29).

Ecole d'ingénieur

- ONIRIS Nantes (44), filière Conception et optimisation de produits alimentaires.

Formation continue

- CNAM. Formulations : concepts moléculaires. Applications industrielles en chimie, pharmaceutique, cosmétique et agroalimentaire. Brest, Quimper (29) / Lannion, Saint Brieuc (22) / Lorient, Vannes (56) / Rennes (35).
- CNAM. Chimie organique et formulation. Brest (29) / Lannion, Ploufragan (22) / Vannes (56) / Rennes (35).

Responsable de production

Formation initiale

Baccalauréat professionnel

- Bac Pro Pilote de ligne de production. CFA du lycée agricole de Laval (53) / CFA Éducation nationale du Maine et Loire, Angers (49) / CFA de l'enseignement catholique du Maine et Loire, Saumur (49) / CFA de l'enseignement catholique de Bretagne, Vitré (35) / CFA AFPI Pays de la Loire, Beaucouze (49) ou Le Mans (72).

IUT

- IUT Génie mécanique et productique. Université de Bretagne Occidentale, Brest (29) / Université de Rennes (35) / Université de Nantes (44) / Université du Maine, Le Mans (72) / Université d'Angers (49).

Licence professionnelle

- Licence Pro Industries agroalimentaires, alimentation, spécialité Management de la production dans les industries alimentaires. Université de Bretagne Occidentale, Brest (29).
- Licence Pro Production industrielle. Université de Bretagne Occidentale, Brest (29).
- Licence Pro Management de l'innovation, de la production et de la sécurité alimentaire. Université de Rennes (35).
- Licence Pro Gestion de la production industrielle, spécialité Logistique et qualité. Université de Nantes (44).
- Licence Pro Industrie agroalimentaire alimentation, spécialité Hygiène et sécurité des productions agroalimentaires. Université du Maine, IUT de Laval (53).

Master

- Master parcours Gestion et pilotage de la production, avec 2 options : i) Ingénierie des produits cosmétiques et ii) ingénierie des produits alimentaires. Université Catholique de l'Ouest, Guingamp (22).
- Master Ingénierie et management de la santé, spécialité Produits de santé : innovation, recherche et développement. Université d'Angers (49).

Ecole d'ingénieur

- ENSIBS, Ecole nationale supérieure d'ingénieur de Bretagne Sud, Lorient (56), Ingénieur Génie industriel.
- AgroCampus Ouest Rennes (35), ingénieur en agroalimentaire (3 spécialités).

- ISTIA Angers (49), ingénieur en Génie des systèmes industriels, parcours Ingénierie de l'innovation.

Formation par apprentissage / formation continue

- Ecole supérieure d'ingénieur en agroalimentaire de Bretagne Atlantique, Brest (29), formation d'ingénieur en partenariat FIP-ESIAB/IFRIA, Quimper (29).
- BTS Sciences et technologies des aliments, spécialité Aliments et processus technologiques. IFRIA, Quimper (29).
- Licence Pro Gestion, production et valorisation spécialité Management de la production en industries agroalimentaire. IFRIA, Quimper (29).

Responsable des ressources humaines

Formation initiale

IUT

- IUT Gestion des entreprises et des administrations, option Gestion des ressources humaines. Université de Bretagne Occidentale, Quimper (29) / Université de Bretagne Sud, Vannes (56) / Université de Rennes (35) / Université de Nantes (44).
- IUT Gestion des entreprises et des administrations, option Ressources humaines. Université du Maine, Le Mans (72).

Licence professionnelle / licence

- Licence Pro Gestion des ressources humaines, spécialité Gestion du personnel et de la paie. Université de Bretagne Occidentale, Brest (29).
- Licence Pro Collaborateur ressources humaines, assistant paie et administration du personnel. Université de Rennes (35).
- Licence Pro Gestion des ressources humaines, spécialité Coordinateur RH. Université de Nantes (44).
- Licence Pro Gestion des ressources humaines, spécialité Gestion de la formation, des compétences et de la mobilité professionnelle. Université du Maine, Le Mans (72).
- Licence Gestion des ressources humaines petites et moyennes organisations. Université de Bretagne Sud, Vannes (56).

Master

- Master Pro Management, spécialité Ressources humaines et organisations innovantes. Université d'Angers (49).
- Master Sciences du management, spécialité Management des ressources humaines. Université de Bretagne Occidentale, Brest (29) / Université de Bretagne Sud, Vannes (56).
- Master Droit social, spécialité Droit social et management des ressources humaines. Université de Nantes (44).
- Master Management, spécialité Conseil en organisation et management des ressources humaines. Université de Nantes (44).
- Master Travail et emploi, spécialité Économie et gestion des ressources humaines. Université du Maine, Le Mans (72).

Responsable hygiène sécurité / environnement

Formation initiale

IUT

- IUT Hygiène, sécurité et environnement. Université de Bretagne Sud, Lorient (56).

Licence professionnelle

- Licence Pro Coordinateur qualité, santé-sécurité, environnement. Université de Bretagne Sud, Lorient (56).
- Licence Pro Animateur qualité sécurité environnement. Université de Rennes, Rennes ou Saint Brieuc (35).
- Licence Pro spécialité Responsable ressources alimentaires, option Responsable hygiène et sécurité des aliments. Université de Nantes (44).
- Licence Pro Industries agroalimentaires, alimentations, spécialité Hygiène et sécurité des productions agroalimentaires. Université du Maine, Laval (53).

Ecole d'ingénieur

- ESIAB, Ecole supérieure d'ingénieur en agroalimentaire de Bretagne Atlantique, Brest (29), ingénieur Microbiologie et qualité.
- ONIRIS Nantes (44), filières Alimentation – agroalimentaire.

Consultant en management de l'innovation

Formation initiale

Master

- Master Pro Sciences de la mer et du littoral, mention Sciences biologiques marines, spécialité Valorisations biotechnologiques des ressources marines. Institut Universitaire Européen de la Mer, Université de Bretagne Occidentale, Brest (29).
- Master Pro Innovation en industries alimentaires, ESIAB - UBO, Quimper (29).
- Master Pro Alimentation, Lait, Innovation, Management, parcours Management des Entreprises Agroalimentaires. Université de Rennes (35).
- Master Pro Alimentation, Lait, Innovation, Management, parcours Innovation et Alimentation. Université de Rennes (35).
- Master Pro Technologies innovantes. ISTIA, Angers (49).
- Master Ingénierie et management de la santé, spécialité Produits de santé : innovation, recherche et développement. Université d'Angers (49).

Ecole d'ingénieur

- ESIAB, Ecole supérieure d'ingénieur en agroalimentaire de Bretagne Atlantique, Brest (29), ingénieur Microbiologie et qualité.
- AgroCampus Ouest Rennes (35), ingénieur en agroalimentaire (3 spécialités).
- Ecole d'ingénieur en Génie des systèmes industriels, parcours Ingénierie de l'innovation. ISTIA, Angers (49).

Formation continue

- Management de l'innovation : les bases. Télécom évolution, organisme de formation continue de Télécom Bretagne, Brest (29).

Responsable packaging

Formation initiale

Licence professionnelle

- Licence Pro Production industrielle, spécialité Packaging : technico-commercial en emballage et conditionnement. Université de Bretagne Occidentale, Brest (29).

Formation par alternance

- Licence Pro Métiers de l'emballage et du conditionnement, Formapack. Université de Bretagne Occidentale, Brest (29) en partenariat avec la CCI de Morlaix (29).

Formation continue

- Formation continue en Emballages alimentaires. ADRIA, Quimper (29).

Responsable distribution

Formation initiale

Licence professionnelle / licence

- Licence Pro Commerce et distribution, mention Management et marketing des réseaux et distribution. Université de Bretagne Occidentale, Brest (29).
- Licence Pro Management et marketing des réseaux de distribution. Université de Rennes (35).
- Licence Pro Commerce, spécialité Gestionnaire import/export. Université de Rennes (35) / Université du Maine, Laval (53).
- Licence Pro mention Commerce, spécialité Management et marketing des réseaux de distribution. Université de Rennes, IUT de Saint Brieuc (22).
- Licence Pro mention Commerce, spécialité Distribution. Université de Nantes (44).

Diplôme universitaire

- Diplôme Universitaire d'Études technologiques internationales, option Gestion logistique et transport. Université de Nantes (44).

Formation par alternance

- Licence Pro Commerce et distribution. Université de Bretagne Sud, Vannes (56).

Gestion / management des entreprises

Formation initiale

IUT

- IUT Gestion des entreprises et des administrations. Université de Bretagne Occidentale, Brest ou Quimper (29) / Université de Bretagne Sud, Vannes (56) / Université de Rennes, Rennes ou Saint Malo (35) / Université du Maine, Le Mans (72) / Université d'Angers (49).

Licence

- Licence Economie gestion. Université de Bretagne Occidentale, Brest (29) / Université de Bretagne Sud, Vannes (56) / Université de Rennes 1 / Université du Maine, Le Mans (72) et Laval (53).
- Licence Gestion, avec 3 parcours. Université de Nantes (44).
- Licence Sciences économiques et de gestion. Université d'Angers (49).

Master

- Master Administration, management et économie des organisations. Université de Bretagne Occidentale, Brest (29).
- Master Sciences du management. Université de Bretagne Occidentale, Brest (29).
- Master mention Sciences du management. Université de Bretagne Sud, Vannes (56).
- Master mention Economie et gestion des entreprises. Université de Rennes 1 (35).
- Master mention Management avec 2 parcours. Université de Nantes (44).
- Master mention Management avec 4 spécialités. Université du Maine.

MÉTIERS SPÉCIFIQUES DE LA CHAÎNE DE VALEUR SUR LES VÉGÉTAUX MARINS

Cartographe / géomaticien

Formation initiale

BTS

- BTS Géomètre topographe par apprentissage. Lycée Pierre Mendes France. Rennes (35).

Master

- Master Pro Sciences de la mer et du littoral (SML), mention Expertise et gestion de l'environnement littoral (EGEL). Institut Universitaire Européen de la Mer, Université de Bretagne Occidentale, Brest (29).
- Master Pro Géographie et aménagement spécialité Géomatique. Master co-habilité AgroCampus Ouest / Université de Rennes (35).

Goémonier / récoltant d'algues de rive / algoculteur

Il n'existe pas à ce jour de formation spécifique pour devenir goémonier ou récoltant d'algues de rive. Néanmoins, Mr Rémi Bertran (AgroCampus Ouest Beg-Meil) a travaillé sur un référentiel de formations courtes à destination des récoltants d'algues de rive désirant se convertir dans le « bio » et obtenir une certification « algues biologiques ».

De plus, une autre étude a également été réalisée par Rémi Bertran pour analyser la demande en formation des récoltants actuellement en activité. Elle a mis en évidence une faible demande, les récoltants estimant bien maîtriser leur métier et conseillant plutôt une formation aux jeunes désirant s'orienter vers cette activité.

Enfin, il n'existe pas non plus à ce jour de formation spécifique pour devenir algoculteur.

Technicien de maintenance

Formation initiale

Baccalauréat professionnel

- Bac Pro Maintenance nautique. Lycée professionnel maritime Pierre Loti, Paimpol (22) / Lycée polyvalent Pierre Guéguin, Concarneau (29).

BTS / IUT

- BTS Maintenance industrielle (temps plein ou apprentissage). Loudéac (22) / Quimper (29) / Fougères (35).
- IUT Génie industriel et maintenance (temps plein ou apprentissage). Université de Bretagne Sud, Lorient (56) / Université de Rennes 1, Saint Malo (35).

Licence professionnelle

- Licence Pro Systèmes d'information : intégration et maintenance. Université de Bretagne Sud, Vannes (56).
- Licence Pro Industrialisation et maintenance des systèmes automatisés. Université de Bretagne Sud, Lorient (56).
- Licence Pro Gestion de la production industrielle, spécialité Chargé de mission maintenance et gestion du risque industriel. IUT de Saint Malo (35).
- Licence Pro Maintenance des systèmes pluritechniques, spécialité Ingénierie et maintenance des systèmes automatisés. IUT de Lorient (56).
- Licence Pro Maintenance systèmes, spécialité Maintenance des systèmes automatisés. Université d'Angers (49).

Formation continue

- Technicien de maintenance industrielle. GREF Bretagne, Bruz (35).
- BTS Maintenance industrielle. GRETA de Bretagne Occidentale, agence de développement Quimper Cornouaille. Lycée Yves Thépot, Quimper (29) / GRETA de Bretagne Sud, agence de développement de Pontivy, lycée du Blavet, Loudéac (22).
- BTS Maintenance des systèmes de production. IFRIA, Quimper (29).

Technicien d'études cliniques

Formation continue

- Diplôme Universitaire de technicien de recherche clinique. Faculté de médecine, Université d'Angers (49).

Médecin investigateur

Formation continue (pour les titulaires d'un diplôme d'état de médecine)

- Master mention Biologie et santé, Spécialité Génétique, génomique, biotechnologie. Université de Bretagne Occidentale, Brest (29).
- Master recherche de Modélisation en pharmacologie clinique et épidémiologie. Université de Rennes (35).
- Diplôme Inter-Universitaire de formation des investigateurs aux essais cliniques des médicaments. Faculté de médecine de Nantes (44).

MÉTIERS SPÉCIFIQUES DE LA CHAÎNE DE VALEUR SUR LES MICROALGUES ET AUTRES MICROORGANISMES

Professionnel de la navigation

Formation initiale

- Il existe des formations initiales de type CAP matelot, BEP marin du commerce et BAC Pro électromécanicien de marine dans les lycées professionnels maritimes à Étel (56), Saint Malo (35), Guilvinec (29), Paimpol (22) et Nantes (44).

Ecole d'ingénieur

- Ecole nationale supérieure maritime (diplôme d'ingénieur en 3 ans à Marseille – spécialisation de deux ans possible à Nantes).

Formation continue

- Il existe des formations continues de type Brevet de Capitaine 200, Brevet de chef de quart 500, Brevet de mécanicien de 750kW aux lycées professionnels à Étel (56), Saint Malo (35), Guilvinec (29), Paimpol (22) et Nantes (44).

Note : pour les navires océanographiques à voile du type Tara, des connaissances en voile sont nécessaires. Il existe une formation continue

- BPJEPS (Brevets Professionnel de la Jeunesse, de l'Éducation Populaire et du Sport) voile. Institut nautique de Bretagne / Centre nautique des Glénans / Nautisme en Bretagne formation.

Physicien des océans

Formation initiale

Master

- Master Physique marine, avec 2 spécialités : i) Géophysique marine et ii) Physique de l'océan et du climat. Institut Universitaire Européen de la Mer, Université de Bretagne Occidentale, Brest (29).

Ecole d'ingénieur

- ENSTA Bretagne, Ecole nationale supérieure des techniques avancées, option Hydrographie/océanographie, profil Océanographie opérationnelle. Brest (29).

Bioinformaticien

Formation initiale

Master

- Master mention Biodiversité, écologie, environnement, spécialité Modélisation en écologie. Université de Rennes (35).
- Master mention Biologie, agro, santé, spécialité Bioinformatique et génomique. Université de Rennes (35).
- Master mention Biologie santé, spécialité Bioinformatique. Université de Nantes (44).

Ecole d'ingénieur

- AgroCampus Ouest Rennes (35), ingénieur en agronomie, spécialité Modélisation en écologie.

Responsable génie mécanique

Formation initiale

IUT

- IUT Génie mécanique et productique. Université de Bretagne Occidentale, Brest (29) / Université de Rennes (35) / Université de Nantes (44) / Université du Maine, Le Mans (72) / Université d'Angers (49).

Licence professionnelle / licences

- Licence Pro Mécanique, spécialité Conception de process, produits et procédés. Université de Bretagne Occidentale, Brest (29).
- Licence Pro Mécanique, avec 2 spécialités : i) Sciences et mécaniques des matériaux – conception et industrialisation et ii) Conception et fabrication assistée par ordinateur. Université du Maine, Le Mans (72).
- Licence Sciences pour l'ingénieur, parcours Technologie mécanique. Université de Bretagne Occidentale, Brest (29).
- Licence Sciences pour l'ingénieur, parcours Mécanique. Université du Maine, Le Mans (72).

Master

- Master Physique mécanique, spécialité Génie mécanique. Université de Bretagne Occidentale, Brest (29).
- Master Pro mention Sciences pour l'ingénieur, spécialité Génie mécanique et matériaux. Université de Bretagne Sud, Lorient (56).
- Master mention Mécanique et sciences pour l'ingénieur, spécialité Mécatronique, parcours Systèmes industriels. Université de Rennes (35).

Responsable génie électronique et électrotechnique

Formation initiale

IUT

- IUT Génie électrique et informatique industrielle. Université de Bretagne Occidentale, Brest (29) / Université de Rennes (35) / U. Nantes (44) / U. Angers (49).
- IUT Génie industriel et maintenance. Université de Bretagne Sud, Lorient (56) / Université de Nantes (44).
- IUT Mesures physiques, spécialité Matériaux et contrôles physico-chimiques. Université de Rennes (35) / Université de Nantes (44).
- IUT Mesures physiques. Université du Maine, Le Mans (72).

Licence professionnelle / licence

- Licence Pro Électricité et électronique, spécialité Électrotechnique et électronique de puissance. Université de Bretagne Occidentale, Brest (29).
- Licence mention Sciences pour l'ingénieur, spécialisation Électronique. Université de Bretagne Sud, Lorient (56).
- Licence mention Électronique et télécommunications. Université de Rennes (35).
- Licence Mécaniques et sciences pour l'ingénieur, spécialité Mécatronique, systèmes industriels. Université de Rennes (35).
- Licence mention Électronique, énergie électrique, automatique. Université de Nantes (44).

Master

- Master Pro mention Sciences et technologies de l'information et de la communication, spécialité Génie électrique et informatique industrielle. Université de Bretagne Sud, Lorient (56).
- Master mention Mécanique et sciences pour l'ingénieur, spécialité Mécatronique, parcours Systèmes industriels. Université de Rennes (35).
- Master mention Électronique et télécommunications, spécialité Conception et technologie des systèmes. Université de Rennes (35).
- Master Electronique, gestion de l'énergie, spécialité Electronic systems and electrical engineering. Université de Nantes (44).
- Master Électronique, gestion de l'énergie, spécialité systèmes électroniques et génie électrique. Université de Nantes (44).
- Master Électronique, gestion de l'énergie, spécialité Conception, mise en œuvre et qualité des composants électroniques et optoélectroniques. Université de Nantes (44).

Ecole d'ingénieur

- ENIB, Ecole nationale d'ingénieurs de Brest. Université de Bretagne Occidentale, Brest (29).
- ENSSAT, École nationale supérieure des sciences appliquées et de technologie Lannion (22), Ingénieur en Électronique et informatique industrielle.

MÉTIERS SPÉCIFIQUES DE LA CHAÎNE DE VALEUR SUR L'AQUACULTURE DES BIVALVES ET DES POISSONS

Aquaculteur

Note : comme dans la chaîne de valeur dédiée à l'aquaculture, le terme aquaculteur est générique et se décline selon plusieurs spécialités (conchyliculture, pisciculture, etc.). Les formations citées ci-dessous sont générales, et les spécialités sont dépendantes de chaque école de formation.

Formation initiale

CAP
- CAP Conchyliculture. Lycée professionnel maritime d'Étel (56).

Baccalauréat professionnel
- BAC Pro Cultures marines. Lycée professionnel maritime d'Étel (56) / Lycée professionnel maritime de Saint Malo (35) / Lycée professionnel Olivier Guichard de Guérande (44).
- BAC Pro Productions aquacoles. Lycée agricole de Bréhoulou, Fouesnant (29) / Lycée professionnel agricole, Château-Gonthier (53).

BTS
- BTSA Aquaculture. Lycée agricole de Bréhoulou, Fouesnant (29) / Lycée professionnel maritime de Saint Malo (35).

Ecole d'ingénieur
- Diplôme d'ingénieur Agronome, spécialisation Sciences halieutiques et aquacoles, option Aquaculture. AgroCampus Ouest, Rennes (35).

Formation continue

- BAC Pro Aquaculture. CFA Jules Rieffel, Guérande (44).
- BTSA Aquaculture. CFA Jules Rieffel, Guérande (44).
- Brevet professionnel Responsable d'exploitation en aquaculture. Lycée professionnel maritime d'Étel (56).

Formation par alternance

- Licence Pro Productions Animales, spécialité Valorisation des produits aquatiques. Université de Bretagne Occidentale, Quimper (29).

Juriste en droit de l'environnement

Formation initiale

Licence
- Licence de Droit parcours Environnement. Faculté de droit et de sciences politiques. Université de Rennes (35).

Master
- Master Sciences de la mer et du littoral, mention Droit des espaces et des activités maritimes. Université de Bretagne Occidentale, Brest (29).
- Master mention Biodiversité, écologie, environnement, spécialité Environnement et droit. Université de Rennes (35).
- Master de Droit public, spécialité Droit de l'environnement et de développement durable. Université de Nantes (44).

Formation continue
- Diplôme d'Université en Droit de l'urbanisme et de l'environnement. Université de Rennes (35).

Vétérinaire marin

Formation initiale

Ecole d'ingénieur
- ONIRIS Nantes (44), diplôme vétérinaire.

Soigneur animalier

Il n'existe pasde formation spécifique en Bretagne et Pays de la Loire. Ces gestes de soins prodigués aux animaux sont généralement appliqués par l'aquaculteur lui-même, ou un vétérinaire marin.

Chargé d'études en environnement

Formation initiale

Master
- Master Pro Sciences de la mer et du littoral, mention Sciences biologiques marines, spécialité Valorisations biotechnologiques des ressources marines. Institut Universitaire Européen de la Mer, Université de Bretagne Occidentale, Brest (29).
- Master Environnement écologie, avec 2 spécialisations : i) Hydrogéologie, hydrobiogéochimie, hydropédologie et ii) Ingénierie environnementale. AgroCampus Ouest, Rennes (35).
- Master mention Biodiversité, écologie, environnement, spécialité Environnement et droit. Université de Rennes (35).
- Master Chimie et microbiologie de l'eau. Université de Nantes / Ecole des mines de Nantes (44).
- Master Écologie environnement, spécialité Toxicologie de l'environnement. Université du Maine, Le Mans (72).
- Master Pro Chimie, spécialité Sciences et ingénierie de l'environnement. Université d'Angers (49).
- Master mention Ecologie-environnement, spécialité Zones humides, continentales et littorales : écologie, écoingénierie et bioindicateurs. Université d'Angers (49).

Ecole d'ingénieur
- Diplôme d'ingénieur en Génie de l'Environnement. Ecole d'ingénieur des mines de Nantes (44).

FORMATIONS

MÉTIERS SPÉCIFIQUES DE LA CHAÎNE DE VALEUR SUR LES COPRODUITS MARINS

Chargé de recherche en ingénierie de l'environnement

Formation initiale

Licence professionnelle

- Licence Pro Procédés de traitement et valorisation des rejets. Université de Bretagne Sud, Pontivy (56).
- Licence Pro mention Protection de l'environnement, spécialité Gestionnaire des déchets. Université de Nantes, IUT de la Roche sur Yon (44).

Master

- Master Environnement écologie, spécialisation Ingénierie environnementale. AgroCampus Ouest, Rennes (35).
- Master Géographie et environnement, spécialité Urbanisme durable et gestion des déchets. Université du Maine, Le Mans (72).
- Master Pro Chimie, spécialité Sciences et ingénierie de l'environnement. Université d'Angers (49).

Ecole d'ingénieur

- ENSCR, Ecole nationale supérieure de chimie de Rennes (35), Ingénieur chimiste généraliste.

SITES WEB POUR LES ÉTABLISSEMENTS DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR CITÉS DANS CE DOCUMENT

Formation initiale

- UBO : http://www.univ-brest.fr/
- IUEM - UBO : http://www-iuem.univ-brest.fr/fr
- ESIAB - UBO : http://www.univ-brest.fr/esiab
- ENIB - UBO : http://www.enib.fr/index.php/fr/
- ENSTA Brest : http://www.ensta-bretagne.fr/
- Station biologique de Roscoff : http://www.sb-roscoff.fr/
- UBS : http://www.univ-ubs.fr/
- UCO Guingamp : http://www.uco-bn-guingamp.fr/
- Université de Rennes : https://www.univ-rennes1.fr/
- ECAM Rennes : http://www.ecam-rennes.fr/
- AgroCampus Ouest Rennes : http://www.agrocampus-ouest.fr
- Ecole supérieure de commerce de Rennes : https://www.esc-rennes.fr/
- Brest Business School : http://www.brest-bs.com/
- Université de Nantes : http://www.univ-nantes.fr/
- Polytech'Nantes - Université de Nantes : http://web.polytech.univ-nantes.fr/
- ONIRIS Nantes : http://www.oniris-nantes.fr/
- Ecole Centrale de Nantes : http://www.ec-nantes.fr/
- Ecole des mines de Nantes : http://www.mines-nantes.fr/
- Université du Maine : http://www.univ-lemans.fr/fr/index.html
- Université d'Angers : http://www.univ-angers.fr/fr/index.html
- ISTIA - Université d'Angers : http://www.istia.univ-angers.fr/fr/index.html

Formation continue

Les organismes de formation continue, dont les établissements d'enseignement supérieur, proposent une offre de formation continue annuelle complétée par des formations à façon en réponse à des demandes d'entreprises.

- Université de Bretagne Occidentale (SUFCEP) : http://www.univ-brest.fr/formation-continue
- Université de Bretagne Sud : http://www.univ-ubs.fr/le-service-formation-continue-235585.kjsp?RF=SIT-FORMCONTI
- Université de Rennes 1 (SFC) : https://sfc.univ-rennes1.fr/
- Université de Rennes 2 (SFC) : http://www.univ-rennes2.fr/sfc
- AgroCampus Ouest Rennes : http://formationcontinue.agrocampus-ouest.fr
- Université de Nantes : http://www.fc.univ-nantes.fr/52843721/0/fiche___pagelibre/
- Université du Maine : http://www.univ-lemans.fr/fr/formation/formation-continue.html
- Université d'Angers : http://www.univ-angers.fr/fr/formation/formation-continue.html
- Ecole d'ingénieur Télécom Bretagne : http://www.telecom-bretagne.eu/formations/ingenieur_specialise/admissions/candidature_en_formation_continue.php
- CCI Bretagne : http://www.bretagne.cci.fr/
- CCI Pays de la Loire : http://www.paysdelaloire.cci.fr/
- IFRIA : http://bretagne.ifria-apprentissage.fr/
- CNAM : http://www.cnam-bretagne.fr/
- ADRIA Quimper : http://www.adria.tm.fr/
- GRETA Bretagne : http://greta-bretagne.ac-rennes.fr/jahia/Jahia/site/gretabretagne
- GRETA Pays de la Loire : http://www.greta-paysdelaloire.fr/

Validation des acquis de l'expérience (VAE)

Les expériences professionnelles et personnelles peuvent être prises en compte pour accéder à un niveau supérieur de formation et obtenir tout ou partie d'un diplôme. Au sein de chaque université, le bureau REVA (Reprise d'Etudes et Validation des Acquis) assure un accompagnement pour la constitution des dossiers de validation.

Contacts

- Université de Rennes 1 et Rennes 2 : reva@univ-rennes1.fr / reva@univ-rennes2.fr / vae-iutrennes@univ-rennes1.fr / sfc-iutsb@univ-rennes1.fr
- Université de Bretagne Occidentale : reva@univ-brest.fr
- Université de Bretagne sud : reva@univ-ubs.fr
- Université de Nantes : vae@univ-nantes.fr
- Université du Maine : cuep@univ-lemans.fr
- Université d'Angers : formationcontinue@univ-angers.fr

L'annuaire présente une cartographie des métiers, compétences et formations associés aux activités relevant des biotechnologies marines dans les régions Bretagne et Pays de la Loire.

L'exploitation durable de la biodiversité marine est présentée sous la forme de quatre chaînes de valeur, respectivement (1) les végétaux marins, (2) les microalgues et autres microorganismes, (3) l'aquaculture des bivalves et des poissons et enfin (4) les coproduits marins. Chaque chaîne de valeur est divisée en quatre phases principales, dont chacune est spécifique aux biomasses traitées et aux problématiques associées à leur valorisation.

Cet annuaire ne se veut pas exhaustif. A partir des quatre chaînes de valeur proposées, il vise à donner une vision intégrative, depuis les ressources disponibles jusqu'aux marchés et renseigne sur les métiers et compétences qui y sont associés. Le volet formation présente quant à lui les cursus allant du baccalauréat professionnel au doctorat, au sein des établissements du Grand Ouest.

L'annuaire s'adresse à des publics divers :

- étudiants du secondaire et du supérieur désireux de connaître les métiers et les formations dans le secteur de la biologie et des biotechnologies marines, ainsi que leurs professeurs,
- entreprises en recherche de professionnels (stagiaires et/ou diplômés) aux compétences parfois spécifiques,
- salariés et demandeurs d'emploi dans une démarche de formation tout au long de la vie ou de Validation des Acquis de l'Expérience (VAE),
- tout public désireux de découvrir les multiples facettes des activités relevant des biotechnologies marines.

UBO université de bretagne occidentale
iuem
LEMAR
TECHNOPÔLE BREST-IROISE
Atlantic Blue Tech
Investir dans notre futur commun
Union Européenne
Fonds Européen de Développement Régional
ESPACE ATLANTIQUE