



**MINISTÈRE
DE L'AGRICULTURE
ET DE LA SOUVERAINETÉ
ALIMENTAIRE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

Présentation et développement de l'algoculture en France

Rapport n° 21125

établi par

Didier KHOLLER

Inspecteur général de l'agriculture

Françoise LAVARDE

Ingénieure générale des ponts, des eaux
et des forêts

avec l'appui de Gaëlle CHAIGNEAU

Administratrice en chef des affaires maritimes

Juillet 2022

CGAAER

CONSEIL GÉNÉRAL

DE L'ALIMENTATION

DE L'AGRICULTURE

ET DES ESPACES RURAUX

SOMMAIRE

RESUME.....	5
LISTE DES RECOMMANDATIONS.....	7
INTRODUCTION	8
1. L'ALGOCULTURE : DES DEBOUCHES POTENTIELS INNOVANTS ET DES CONTEXTES DE PRODUCTION DIVERSIFIES.....	9
1.1. Le champ de l'algoculture	9
1.2. Des potentialités de développement pour la production d'algues, dans des domaines variés et sous des formes novatrices.....	9
1.3. L'algoculture en France	11
1.3.1. Le cas des macro-algues.....	12
1.3.2. Le cas des micro-algues.....	13
1.3.3. La spiruline	14
2. L'ECOSYSTEME SOCIAL ET INSTITUTIONNEL DES ACTEURS DE L'ALGOCULTURE.....	15
2.1. Deux ministères particulièrement impliqués.....	15
2.2. Un domaine d'activités peu structuré	16
2.2.1. Les organisations professionnelles maritimes.....	16
2.2.2. La chambre syndicale des algues et végétaux marins.....	16
2.2.3. La fédération des spiruliniers de France.....	17
2.2.4. Des structures d'influence identifiées	17
2.3. Des collectivités territoriales particulièrement présentes, en appui des acteurs locaux.....	18
2.4. Un secteur R&D foisonnant	19
2.4.1. Des unités de recherche fondamentale et des pilotes de laboratoire.....	19
2.4.2. Un centre technique agricole et agro-alimentaire dédié aux algues.....	20
2.4.3. Les pôles de compétitivité	20
2.5. Les instituts techniques agricoles	21
2.6. L'agence de la transition écologique.....	21
2.7. L'institut français de recherche pour l'exploitation de la mer.....	21
2.8. Une offre de formation limitée.....	22
3. LES LOGIQUES ECONOMIQUES DES FILIERES DE L'ALGOCULTURE	23
3.1. Une valorisation de l'algue entière en circuits courts	24
3.2. Des valorisations plus élaborées, par l'extraction de molécules	25
3.3. Une algoculture complémentaire de l'aquaculture	26
3.4. La bio-remédiation et l'atténuation du changement climatique peuvent-elles constituer des débouchés d'avenir ?.....	28

4. DES EVOLUTIONS INSTITUTIONNELLES, ACADEMIQUES ET REGLEMENTAIRES, POUR L'EMERGENCE D'UNE FILIERE	30
4.1. Assurer la complémentarité des acteurs publics et des représentations des professionnels	30
4.1.1. Le rôle de l'Europe et des collectivités territoriales	30
4.1.2. Améliorer la représentation des professionnels	31
4.2. Accroître et diffuser les connaissances	32
4.2.1. Améliorer l'efficacité du secteur R&D	32
4.2.2. Améliorer la formation initiale et continue	33
4.3. Lever les freins réglementaires au développement du marché des algues	33
4.3.1. Le label AB est un réel atout pour la commercialisation	33
4.3.2. Les autres enjeux réglementaires	35
4.4. Faciliter l'installation des algoculteurs	36
4.4.1. Faciliter l'accès au DPM	36
4.4.2. Améliorer l'acceptabilité sociale des projets d'algoculture	37
4.4.3. Améliorer le montage et le financement des projets	38
4.4.4. Discuter régulièrement des conditions de culture des espèces allochtones	38
CONCLUSIONS	40
ANNEXES	42
Annexe 1 : Lettre de mission	43
Annexe 2 : Note de cadrage	45
Annexe 3 : Liste des personnes rencontrées	50
Annexe 4 : Liste des sigles utilisés	54
Annexe 5 : Liste des textes de références	57
Annexe 6 : Bibliographie	59
Annexe 7 : La culture des macro-algues	61
Annexe 8 : La culture des micro-algues	80
Annexe 9 : La culture spirulines	86
Annexe 10 : L'enquête du Service de la Statistique et de la Prospective	95
Annexe 11 : Projets labellisés par les pôles de compétitivité	97
Annexe 12 : Sources de données	103
Annexe 13 : Proposition de loi de M. Stéphane Travert	104
Annexe 14 : Lettre de la DPMA sur le wakamé	106

RESUME

Au cours des derniers mois plusieurs publications, notamment une de la Food and Agriculture Organization (FAO), ont mis en exergue les nombreuses potentialités qui pourraient être tirées d'un développement de l'algoculture. La Commission européenne, quant à elle, a engagé une initiative portant sur les algues, et la France a retenu d'inscrire un volet consacré aux algues dans son plan « Aquaculture d'avenir 2021-2027 » ; il sera décliné sur le plan opérationnel sous la forme d'une feuille de route, à l'instar de travaux déjà réalisés dans plusieurs régions.

Si la France est le deuxième producteur européen d'algues, avec un volume annuel de l'ordre de 75 000 tonnes, cette production est en quasi-totalité issue de la récolte dans le milieu naturel, en mer ou sur le rivage. Dans ce contexte, il est pertinent de s'interroger sur les possibilités de développement de l'algoculture, dans l'objectif d'assurer une production régulière en qualité comme en quantité, mais également de préserver le milieu naturel qui pourrait difficilement satisfaire un accroissement des prélèvements.

Sous le terme « algue » on regroupe des organismes très divers, allant des cyanobactéries (qui comme leur nom l'indique ne sont pas des algues), aux macro-algues utilisées dans la fabrication des texturants de l'industrie agro-alimentaire, en passant par toutes les micro-algues dont certaines furent, il y a peu de temps encore, pressenties pour entrer comme matière première dans la production des bio-carburants.

Les débouchés des algues sont donc très variés. On peut schématiquement les regrouper en deux grands domaines : l'alimentation humaine, qui valorise des algues entières, et les procédés de bio-raffinage, qui valorisent les composés d'intérêt extractibles. Certains de ces marchés, notamment celui des alginates, sont désormais mondialisés et exigent une grande quantité de matière première disponible à de faibles coûts. D'autres à l'inverse, notamment pour des valorisations en alimentation, en nutraceutique, en cosmétique ou en pharmacie, sont des marchés de niche à forte valeur ajoutée qui traitent des quantités limitées de matière première.

Les applications issues du bio-raffinage relèvent pour l'essentiel de biotechnologies marines, lesquelles font l'objet d'un rapport spécifique du CGAAER. Le présent rapport s'est donc focalisé sur le potentiel de développement d'une algoculture destinée à l'alimentation humaine, ou bien s'associant à d'autres productions aquacoles dans le cadre de l'aquaculture multi trophique intégrée (AMTI).

Si les acteurs sont dynamiques et ambitieux, le développement de la filière reste obéré par un certain nombre de freins sur lesquels une intervention de niveau national serait souhaitable, sans pour autant justifier la mise en place d'une politique publique spécifique puisque les réflexions sur les algues devront être menées en lien étroit avec les démarches liées, plus généralement, à l'aquaculture. C'est l'objet des sept recommandations formulées dans le présent rapport.

Les premières difficultés résident dans les lacunes qui subsistent dans la connaissance de la biologie des algues et les difficultés rencontrées pour maîtriser leur cycle reproductif en dehors des conditions de laboratoire.

Une étude de 2016 attirait déjà l'attention sur le déficit de formation professionnelle et continue pour les algoculteurs. De fait les jeunes algoculteurs en émergence, tout comme ceux qui ont pu pérenniser leur activité, se sont formés par eux-mêmes.

Par ailleurs, en l'absence d'un marché alimentaire de l'algue en Europe, il est illusoire de vouloir développer une filière. Les algues n'étant pas un aliment traditionnel, la demande du consommateur, bien qu'en augmentation, reste limitée voire aléatoire. En outre de nombreuses réglementations, européennes et nationales, freinent la commercialisation.

Par ailleurs, monter un projet d'algoculture suppose d'obtenir des autorisations administratives diverses : concession sur le Domaine Public Maritime, possibilité d'implanter des bâtiments d'exploitation à proximité du rivage...

Enfin, le développement de la filière se heurte à des difficultés techniques qui n'ont pas été traitées car leur résolution relève d'actions professionnelles, mais on ne doit pas sous-estimer leur impact.

Il en ressort que les potentialités attendues de la culture des algues devraient se réaliser à court ou moyen terme dans le secteur des biotechnologies marines en fonction des avancées qui interviendront dans l'identification, l'utilisation et l'extraction des molécules d'intérêt.

En revanche le marché des algues alimentaires devrait rester tiré par des débouchés de niche pendant encore une longue période, ce qui ne doit pas empêcher les collectivités territoriales de conforter ce secteur, bénéfique aux territoires en termes scientifiques, économiques et d'image.

Mots clés : algues marines, algae, cyanophyta, culture d'algues marines, aquaculture.

LISTE DES RECOMMANDATIONS

- R1.** Au Bureau de l'aquaculture (BAQUA). Donner une définition plus précise des élevages marins et de l'algoculture et préciser leurs modalités de représentation professionnelle, en reprenant le cas échéant la proposition de loi qu'avait déposée le député Stéphane Travert.
- R2.** Au MASA, à la DGAMPA et au MESR. Mettre en place des appels d'offre dédiés au financement de projets permettant de franchir le cap du pilote industriel et d'innover dans la conduite opérationnelle sur les sites de production. La pérennisation des souchothèques publiques est également un enjeu fort.
- R3.** À l'attention du MASA (DGER) et de la DGAMPA. Établir un référentiel de formation pour l'algoculture, concernant tous les niveaux de formation : CAP, Bac professionnel, BTS, formation d'ingénieur.
- R4.** Au BAQUA et à la DGPE. Compte tenu de l'importance du label AB pour accéder aux marchés, veiller à ce que le régime d'importation des produits bio évolue rapidement en un régime de conformité et non plus d'équivalence. Dans le même esprit, soutenir la demande d'autorisation des intrants organiques issus de digestats hygiénisés.
- R5.** DGAMPA. Veiller à ce que les réglementations qui ont, de façon directe ou indirecte, un impact sur la filière algues, intègrent les spécificités de celle-ci dès lors qu'elles sont compatibles avec les objectifs de sécurité alimentaire.
- R6.** Aux préfets coordonnateurs des documents stratégiques de façade. En lien avec les documents de planification spatiale, établir des cartes de localisation potentielle des concessions et infrastructures exploitables pour de l'algoculture. Engager des discussions pour étudier avec toutes les parties concernées, les possibilités d'implanter des activités algocoles sur les champs éoliens.
- R7.** À l'attention de la DGAMPA et du BAQUA. Instaurer un dialogue régulier et formalisé avec les professionnels et l'ensemble des parties prenantes, pour donner de la visibilité sur les espèces allochtones susceptibles de recevoir des autorisations d'exploitation des cultures marines. Prendre en charge la mise à jour régulière des données et avis scientifiques sous-jacents. Définir les modalités de contrôle scientifique, du comportement des espèces allochtones après qu'elles aient été mises en culture.

INTRODUCTION

Par une lettre de commande du 5 novembre 2021, la ministre de la Mer et le ministre de l'Agriculture et de l'Alimentation ont confié au Conseil Général de l'Alimentation, de l'Agriculture et des Espaces ruraux (CGAAER) une mission de réflexion devant servir de base pour donner un nouvel élan au développement de l'algoculture en France.

Cette commande partait du constat que l'algoculture est souvent présentée comme une filière d'avenir. La commission européenne prépare une initiative portant sur les algues ; la Food and Agriculture Organization (FAO) a publié en 2021 un état des lieux du potentiel de développement de l'aquaculture¹ ; la Lloyd's Register foundation a produit pour sa part le Seaweed manifesto² et l'association Seaweed for Europe a publié, dans le même esprit le rapport « Hidden champion of the ocean ». Par ailleurs le livre grand public de Vincent Doumeizel « La révolution des algues » paru en février 2022, a constitué une sorte de synthèse en français des publications précédentes, relayée par les médias.

L'objectif fixé au CGAAER à travers la mission vise à fournir une base de réflexion à un groupe de travail qui serait constitué en vue d'établir une feuille de route pour le développement de l'algoculture dans le cadre du plan aquaculture d'avenir 2021-2027.

La mission a été confiée à Monsieur Didier KHOLLER, inspecteur général de l'agriculture et à Madame Françoise LAVARDE, ingénieure générale des ponts, des eaux et des forêts. Ils ont bénéficié de l'appui de Madame Gaëlle CHAIGNEAU, administratrice en chef de deuxième classe des affaires maritimes, désignée par l'Inspection générale des affaires maritimes (IGAM) pour contribuer à ce travail.

Après avoir précisé dans sa lettre de cadrage qu'elle ne pourrait traiter des territoires d'outre-mer, en raison de la faible disponibilité des données et des spécificités de leurs milieux marins et de leurs contextes économiques, la mission s'est attachée à établir un état des lieux aussi exhaustif que possible de l'algoculture en France, en analysant l'abondante bibliographie à sa disposition et en auditionnant plus de quarante acteurs impliqués dans l'accompagnement et le développement de la culture ou de la transformation des macro-algues, des micro-algues et des spirulines.

Même si la lettre de mission visait limitativement l'algoculture, le présent rapport comporte des éléments concernant l'ensemble de la filière algue, le développement d'une production étant indissociable de ses possibilités de valorisations commerciales. En effet, sauf pour des usages bien spécifiques, la provenance des algues, cultivées ou récoltées, importe peu lors du travail de transformation de la biomasse.

Les travaux de la mission ont été conduits de janvier à juin 2022. Ils ont permis d'analyser les attentes des acteurs, d'objectiver les freins au développement des productions et de formuler des propositions susceptibles de s'inscrire dans la feuille de route susmentionnée.

Par ailleurs, sur la même période le CGAAER a réalisé deux autres missions dont les thématiques - le développement des biotechnologies marines et la création d'une interprofession de la pêche - ont un lien avec l'algoculture et ont justifié des échanges avec les missionnés concernés.

1 Seawweeds and microalgae : an overview for unlocking their potential in global aquaculture developpement, NFIA/C1229, ISSN 2070-6065.

2 Seaweed revolution : a manifesto for sustainable future ; Lloyd's register foundation (www.seaweedmanifesto.com).

1. L'ALGOCULTURE : DES DEBOUCHES POTENTIELS INNOVANTS ET DES CONTEXTES DE PRODUCTION DIVERSIFIES

1.1. Le champ de l'algoculture

Il découle des articles L311-1³ et L911-1-2⁴ du code rural et de la pêche maritime (CRPM) que l'algoculture correspond à des activités nécessitant la maîtrise ou l'exploitation d'un cycle biologique d'algue. Par voie de conséquence, les activités qui se limitent à de simples prélèvements d'algues dans le milieu naturel, en rives ou en mer, sont exclues du champ de l'algoculture et donc de cette étude.

Néanmoins, même en limitant le champ de l'étude comme indiqué ci-dessus, celui-ci reste vaste du fait du caractère peu précis du mot algue. Pris dans un sens commun, il renvoie à des plantes glissantes qui couvrent les rochers, décorent les plateaux de fruits de mer ou encore font l'actualité par leur prolifération sur les plages bretonnes (marées vertes) ou antillaises (échouage de sargasses). Pour le biologiste il en va autrement. Les algues regroupent toute une série d'organismes appartenant à des phyllums évolutifs très anciens (les algues sont à l'origine de la vie sur terre) et variés (on y trouve des cyanobactéries, organismes dépourvus de noyau cellulaire, de très nombreuses familles de micro-organismes photosynthétiques et naturellement les grandes macro-algues évoquées ci-dessus). On dénombre de ce fait plusieurs dizaines de milliers d'espèces d'algues, et donner une définition précise des algues a nécessité un travail conséquent mené en France par un groupe de travail piloté par l'AFNOR, en lien avec le comité de certification européen. Désormais la norme NF EN 17399 donne la définition de ces organismes, un travail similaire ayant été réalisé par l'association européenne de biomasse algale (EABA) en 2019⁵.

Partant de ces définitions les organismes vivants relevant de la dénomination « algue » sont très nombreux mais la maîtrise et l'exploitation de leur cycle de développement ne sont réalisées que pour un nombre très restreint d'entre eux (une dizaine de macro-algues et guère plus pour les micro-algues) ce qui à ce jour réduit indéniablement les possibilités de mise en culture des algues.

1.2. Des potentialités de développement pour la production d'algues, dans des domaines variés et sous des formes novatrices

Même si actuellement très peu d'algues font l'objet de culture, il n'en demeure pas moins que leur diversité et leur positionnement dans l'arbre évolutif général - certaines étant clairement les ancêtres des plantes terrestres d'autres se rapprochant plus des champignons ou des animaux - en font des organismes de choix pour rechercher des molécules innovantes en valorisant des chaînes de biosynthèse inconnues jusqu'à maintenant.

3 Aux termes de l'article L311-1, « les activités de culture marines [...] sont réputées agricoles nonobstant le statut social dont relèvent ceux qui les pratiquent » et une activité agricole se définit par « [...] la maîtrise et l'exploitation d'un cycle végétal ou animal et constituant une ou plusieurs étapes nécessaires au déroulement de ce cycle [...] ».

4 L'article L911-1 2° donne une définition plus précise de l'algoculture mais elle ne s'applique qu'aux cultures d'algues marines. « L'exercice de l'aquaculture, [...] et les autres cultures marines, [...] constituent des activités d'exploitation du cycle biologique d'espèces aquatiques, végétales ou animales. Ces activités d'exploitation comprennent notamment le captage, l'élevage, la finition, la purification, l'entreposage, le conditionnement, l'expédition ou la première mise en marché des produits ».

5 What are algae. EABA. Position paper, 2019. www.EABA-association.org.

À l'origine de toute la chaîne alimentaire marine, les algues ont de tout temps été consommées tant par les hommes que par le bétail. De nos jours ce n'est plus le cas en Europe, mais en Asie les algues occupent une part importante dans l'alimentation et c'est dans ces pays que la mise en culture des algues a été développée. Au Tchad et au Mexique la consommation de spiruline, une cyanophycée (il s'agit de bactéries, encore appelées « algues bleues ») qui se développe naturellement en bord de lac, est traditionnelle.

Amender les terres avec du varech ou nourrir les vaches avec ces mêmes algues était une pratique courante en Bretagne au début du XX^{ème} siècle. Les hommes ont également rapidement découvert les potentialités offertes par les algues pour obtenir de la soude à partir du goémon ou gélifier le lait à partir de certaines algues rouges (pioca breton ou *Chondrus crispus*). L'industrie des alginates, additifs très prisés de l'industrie alimentaire ou cosmétique pour gélifier les matrices, est développée à l'échelle mondiale depuis de nombreuses années.

Plus récemment de nombreux travaux ont visé à valoriser la capacité qu'ont des micro-algues, dans certaines conditions, à accumuler de grandes quantités de lipides dans l'objectif de transformer ces derniers en biocarburant ou en additifs alimentaires⁶. Par ailleurs, la grande productivité des micro-algues, supérieure à celle des plantes terrestres, notamment en raison de leur cycle de reproduction plus court⁷, rend leur culture particulièrement intéressante.

Des travaux visant à valider les allégations thérapeutiques des spirulines ont mis en évidence le caractère antioxydant de la phycocyanine, principal pigment photosynthétique de ces organismes ainsi que leur richesse en vitamine B12, y compris sous une forme directement assimilable par l'homme.

En outre, des publications font très régulièrement état de l'extraction à partir d'algues, de molécules d'intérêt pour la cosmétique ou la pharmacie.

Revenant à des utilisations anciennes en agriculture, des travaux tendent à développer, à partir des algues, des biostimulants pour les animaux et les végétaux en vue de réduire le recours aux antibiotiques et aux produits phytopharmaceutiques. Des usages comme produits alternatifs aux engrais minéraux sont également étudiés.

Enfin, en tant qu'organismes aquatiques devant tirer leurs ressources nutritives des éléments en suspension ou dissous dans l'eau, les algues sont testées pour leurs potentialités épuratives. Il en va de même pour leur aptitude à fixer le CO₂, via la photosynthèse.

On comprend alors que la FAO et la Commission européenne, ainsi que de nombreux groupes d'influence, prônent de s'orienter vers des solutions d'avenir apportées par les algues et plaident pour le développement de l'algoculture, compte tenu des volumes nécessaires, qui ne peuvent être assurés par des prélèvements dans le milieu naturel.

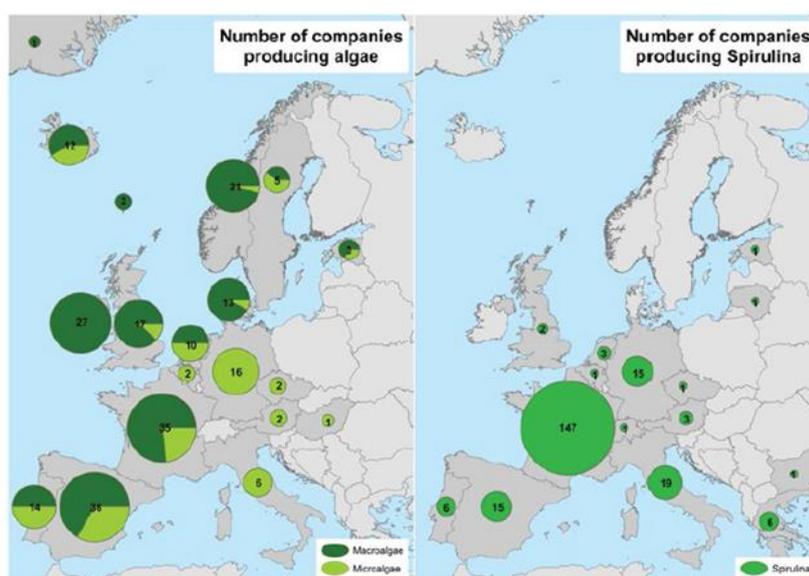
⁶ En valorisant alors la fraction oméga3.

⁷ Le rendement en huile par hectare et par an des micro-algues riches en corps gras est douze fois plus élevé que celui du tournesol ou du colza (source étude IPEMED).

1.3. L'algoculture en France

Le premier atout de la France pour la culture d'algues réside dans son linéaire de côte. La diversité du littoral marin français permet en effet, la présence de très nombreuses espèces d'algues. En outre, la qualité des eaux au large du Finistère est mondialement reconnue comme en atteste le développement de vastes champs de laminaires, exploités par les goémoniers. Le potentiel de valorisation des algues ou des molécules qu'on peut tirer d'elles, est donc réel dans de nombreuses régions littorales. La question d'un développement de l'algoculture s'y pose donc très logiquement. Comme l'illustrent les graphiques ci-dessous, pour l'ensemble Union européenne (UE), Royaume-Uni et association européenne de libre-échange (AELE), la France occupe la deuxième place en nombre d'unités de production d'algues et la première en ce qui concerne les unités de production de spiruline.

Figure 5.10 Number and relative distribution between macro- and microalgae (a) and Spirulina (b) production companies by country



Source: Araujo et al. 2021

Source : Blue algae report.

Toutefois la quasi-totalité (99 %), de la production française de macro-algues, de l'ordre de 75 000 t, est assurée par de la récolte dans le milieu naturel, pêche en mer ou cueillette en rives, laquelle est alors très proche des traditions anciennes, de valorisation des algues pour la fertilisation des champs, la nourriture du bétail ou marginalement, l'alimentation humaine. Le développement des cultures d'algues est récent, les premières structures s'étant installées au début des années 80. Pour satisfaire les besoins des unités de transformation la France est un gros importateur d'algues⁸, en provenance essentiellement de Norvège et du Chili.

En outre, la demande d'algues, notamment en macro-algues, d'origine locale et certifiées AB, s'accroît et l'offre, issue de la récolte en milieu naturel, est insuffisante pour la satisfaire.

⁸ En 2018 FAM estimait que la France importait 30 800 t d'algues dont 10% étant destinés aux marchés alimentaires. Dans son étude de 2015 l'ADEME estime que la consommation d'algues en France est de 180 000 t de poids frais donc 2.5 fois supérieure à sa production estimée à 80 000 t. Cependant les différentes sources ne sont pas aisément comparables car les importations se font en frais, en sec ou en surgelé et les coefficients de conversions entre poids frais et poids sec sont très variables.

L'enquête du service de la statistique et de la prospective (SSP) du ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire (MASA) comprend depuis 2018 un volet algoculture⁹. Il constitue à ce jour le seul outil statistique français permettant d'approcher l'économie du secteur (même si les territoires ultra-marins en sont exclus). Il est possible à partir de là de dresser un premier portrait de l'algoculture française, présenté de façon synthétique dans les trois paragraphes qui suivent et de manière plus détaillée dans trois annexes techniques (cf. annexes 7, 8 et 9).

1.3.1. Le cas des macro-algues¹⁰

L'enquête recense 13 entreprises¹¹ cultivant et commercialisant des algues, mais seules neuf d'entre elles font de cette culture leur activité principale. Elles auraient produit 93 tonnes d'algues (poids vif¹²) en employant au total 45 équivalents temps plein (ETP). Il s'agit donc de très petites entreprises (TPE).

La quasi-totalité des entreprises identifiées par l'enquête ou la mission (cf. annexe 7) est située en Bretagne. La production se fait majoritairement sur des concessions en mer, le développement des unités de production à terre étant récent et souvent en lien avec une autre activité, qui est le plus souvent prépondérante : production de coquillages ou de crustacés, la plupart du temps.

Le mode de production n'est pas précisé dans l'enquête du SSP. Cependant compte tenu de la maîtrise technique dont disposent les entreprises, il s'agit vraisemblablement de cultures en mer sur filières. Néanmoins des projets de culture à terre en bassins se développent¹³, par exemple pour produire de la laitue de mer.

L'enquête ne donne pas d'informations sur le type d'algues qui sont cultivées mais précise que le wakamé (*Undaria pinnatifida*) constitue les deux tiers du tonnage produit, le kombu royal (*Saccharina latissima*) devant représenter la quasi-totalité du reste. Ceci amène à souligner que la culture du wakamé est donc aujourd'hui bien implantée et qu'elle répond à un marché porteur en France et en Europe ; or un courrier de la directrice des Pêches Maritimes et de l'Aquaculture aux préfets de régions littorales et de départements littoraux d'avril 2013, donne directive pour refuser les nouvelles demandes d'implantation d'unités de production.

Par ailleurs, alors que les marchés sont demandeurs de nori (*Porphyra sp.*), de dulse (*Palmaria palmata*) ou de laitue de mer (*Ulva sp*) et d'aonori (*Enteomopha intestinalis*¹⁴), les conditions de cultures sont encore le plus souvent expérimentales¹⁵ et la production quasi inexistante.

⁹ Ce volet algoculture de l'enquête du SSP est présenté en annexe 11. Pour disposer de données concernant le ramassage des algues, il faut consulter le système d'information halieutique de l'Ifremer ou bien, pour ce qui concerne la Bretagne, les données du conseil régional de la pêche.

¹⁰ La filière macro-algues est présentée en annexe 7.

¹¹ L'Etude POLISTR a identifié en 2021 une quinzaine d'entreprises qui pratiquent la culture d'algues.

¹² Cette terminologie est utilisée par l'enquête du SSP ; elle correspond aux algues fraîches. On passe au poids sec avec un rapport de 1 à 4 ou de 1 à 7.

¹³ Le projet POLISTR a identifié plusieurs projets de ce type.

¹⁴ Autrefois considérées comme des espèces différentes *Ulva* et *Enteomorpha* sont désormais réunies dans le même complexe d'espèces.

¹⁵ Il est à noter que le CEVA et le consortium du projet POLISTR disent maîtriser le cycle de reproduction de porphyra, les travaux ayant été conduits semble-t-il de façon indépendante.

Enfin, il semble qu'aucune entreprise n'a pour seule activité la culture d'algues proprement dite. Elles assurent toutes en effet une activité de transformation plus ou moins poussée, et deux d'entre elles¹⁶ ont une activité commerciale d'écloserie pour fournir des plantules d'algues. Cette diversification des productions et des objectifs commerciaux amène d'ailleurs de plus en plus de participations croisées, par l'apparition de nouvelles structures communes à plusieurs anciennes (cas de Wealsea) ou par des concentrations à l'instar du rachat d'Aleor par Algolesko.

1.3.2. Le cas des micro-algues¹⁷

Si l'identification des structures cultivant des macro-algues est relativement facile puisqu'elles sont le plus souvent détentrices d'une concession d'accès au domaine public maritime (DPM), il n'en va pas de même pour les entreprises productrices de micro-algues. En outre, la culture des micro-algues n'ayant débuté en France qu'au début des années 80, les entreprises du secteur sont peu nombreuses et il faut donc le plus souvent se référer aux déclarations des entreprises elles-mêmes, pour connaître – via internet – leurs activités, leurs techniques et leurs volumes de production. Contraint lui aussi, d'adopter cette méthode de repérage des entreprises, le SSP dans son enquête en recense sept dans le secteur des micro-algues (hors production de spiruline), dont cinq font de la production d'algues leur activité principale. Elles emploieraient au total 60 ETP et auraient produit 23 tonnes de poids vif. En revanche l'enquête ne fournit pas d'indications sur la nature des espèces produites. Toutefois au regard des informations recueillies, la mission pense qu'il s'agit essentiellement de chlorelles et d'odontelles.

Les entreprises productrices de micro-algues se situent, pour partie seulement, en bordure du littoral¹⁸. En effet, les micro-algues pouvant se développer en eau douce, l'enquête recense également des producteurs en Auvergne-Rhône-Alpes. La région des Pays de la Loire, quant à elle, joue un rôle structurant au sein de la filière avec en particulier la plateforme de recherche et développement Algosolis implantée à Saint-Nazaire.

Des informations recueillies par ailleurs permettent de supposer que les productions sont majoritairement réalisées en photobioréacteurs, avec toutefois des unités de production en fermenteurs (lesquels n'utilisent pas la capacité photosynthétique des algues) ou bien en raceway¹⁹ (mais à ce jour, seulement à un stade expérimental).

Quant aux quelques chiffres qui sont avancés, il faut craindre qu'ils ne reflètent que très imparfaitement la réalité²⁰, d'autant que le secteur comprend de nombreuses start-up ou TPE qui ne peuvent pas toujours être facilement enquêtées. Mais en revanche, certaines unités de production, bien qu'elles affichent de faibles effectifs, sont en fait des filiales de grands groupes internationaux, ce qui leur offre de réelles perspectives de développement.

¹⁶ Il s'agit d'Aléor et de C-Weed.

¹⁷ La filière micro-algues est présentée en annexe 8°.

¹⁸ Notamment méditerranéen.

¹⁹ En aquaculture, ce terme anglais désigne des bassins hors sol fonctionnant sur le principe d'une circulation de l'eau en circuit fermé.

²⁰ Il faut mentionner, sans que les méthodes de comptage puissent être comparées, l'étude de l'institut de prospective économique du monde méditerranéen, qui dénombrait en 2016 une trentaine de sites pour une production de 10 à 15 tonnes.

A titre de synthèse, le tableau figurant en annexe 11, qui a été établi à partir des projets labellisés par les pôles de compétitivité, donne un aperçu de la diversité des entreprises impliquées dans la culture des micro-algues. En outre, au regard des projets financés par le programme d'investissement d'avenir (PIA) ou par l'ADEME, l'écosystème des entreprises de biotechnologies marines travaillant sur les micro-algues, semble être d'une grande richesse.

1.3.3. La spiruline²¹

L'enquête du service de la statistique et de la prospective recense 177 producteurs de spiruline, tous à titre principal, employant 290 ETP, soit en moyenne 1,6 ETP par unité de production. Les entreprises sont donc là aussi de très petite taille. La production est évaluée à 222 tonnes de poids vif.

Initialement localisés dans le sud-est du pays, les producteurs de spirulines, même s'ils sont plus nombreux dans les régions méridionales dont les conditions climatiques sont plus propices à cette production, se rencontrent désormais sur tout le territoire national.

L'image donnée par l'enquête du SSP est certainement proche de la réalité, car elle se base sur le fichier des adhérents à la Fédération des spiruliniers de France (FSF), avec un travail de repérage complémentaire pour identifier les producteurs qui ne sont pas adhérents.

La culture des spirulines en France relève d'une philosophie particulière, la FSF tenant à se présenter comme promotrice d'une « spiruline paysanne », exerçant un rôle fort en termes d'aménagement du territoire, avec des producteurs désireux de développer des exploitations à taille humaine, insérées dans leur terroir et pourvoyeuses d'emplois locaux.

²¹ La filière spiruline est présentée en annexe 9.

2. L'ECOSYSTEME SOCIAL ET INSTITUTIONNEL DES ACTEURS DE L'ALGOCULTURE

L'écosystème social d'une filière regroupe tous les acteurs qui concourent directement ou indirectement au fonctionnement de cette filière.

2.1. Deux ministères particulièrement impliqués

Comme déjà mentionné, l'algoculture est une activité agricole mais lorsqu'elle se déroule en milieu marin, elle relève des dispositions du livre IX du CRPM. En conséquence à la fois le MASA et le secrétariat d'État à la Mer sont compétents sur le secteur de l'algoculture.

Au niveau central, le MASA connaît l'algoculture au travers de son service de la statistique et de la prospective, qui réalise l'enquête pré-citée, et de son établissement public FranceAgriMer (FAM) qui gère les crédits du fonds européen pour les affaires maritimes, la pêche et l'aquaculture (FEAMPA) et dispose d'un comité spécialisé pour la pêche et l'aquaculture.

Au secrétariat d'État à la Mer, c'est la direction générale des affaires maritimes, de la pêche et de l'aquaculture (DGAMPA), également sous l'autorité du MASA, et plus particulièrement le bureau de l'aquaculture (BAQUA) qui traite des dossiers relatifs à l'algoculture et a élaboré le plan Aquaculture d'avenir (2021-2027). En outre, ce bureau assure les relations avec la direction des affaires maritimes et de la pêche (DG-MARE) de la Commission européenne, direction en charge de l'élaboration de l'initiative algues et de la mise en place de la plateforme EU4 algae²².

Au niveau territorial les services d'économie agricole des directions régionales de l'alimentation, de l'agriculture et de la forêt (DRAAF) et des directions départementales des territoires et de la mer (DDTM), compétentes en matière d'agriculture, ont à traiter des dossiers « spiruline », alors que les délégations à la mer et au littoral (DML) (qui sont des services des DDTM) et les directions interrégionales de la mer (DIRM), traitent des productions marines. Ce sont donc les DML qui sont en charge de la délivrance des autorisations d'exploitation des cultures marines (AECM)²³, indispensables pour produire des algues sur le DPM que ce soit en mer, à terre ou sur l'estran. Sur la base de ces autorisations, le cadastre des exploitations de cultures marines est mis à jour. Les DML sont également en charge de l'application des textes réglementaires encadrant l'exercice des activités aquacoles et visant la préservation des milieux. Les DIRM, quant à elles, coordonnent l'élaboration des schémas régionaux de développement de l'aquaculture marine (SRDAM) qui ont notamment pour objet, de désigner des sites propices à l'aquaculture et à son développement.

Par ailleurs, le ministère de la Transition Ecologique et de la Cohésion des Territoires (MTECT) est un interlocuteur des acteurs de la filière algocole au titre de l'application de la réglementation relative à l'accès aux ressources génétiques en vue de leur utilisation et du partage des avantages qui en découlent (APA)²⁴. À ce titre, le MTECT a en principe connaissance de toutes les souchothèques

²² Créée en février 2022, la plateforme EU4alga a pour objet de faciliter la collaboration entre les agents économiques (producteurs d'algues, vendeurs, consommateurs), les développeurs de technologies (universités, chercheurs, organisations de soutien aux entreprises, investisseurs), les autorités publiques et les ONG. Le plan d'action sur trois ans de cette plateforme européenne de promotion des algues et micro-algues sera mis en ligne à l'été 2022.

²³ Ces autorisations sont délivrées après avis de la commission des cultures marines ; elles autorisent à la fois l'occupation physique du DPM et l'exercice de l'activité qui s'y implante. Leur régime juridique a été fixé par le décret n°83-228 du 22 mars 1983 modifié ; il est désormais codifié aux articles R923-9 à R923-13 du code rural et de la pêche maritime. Lorsqu'elles sont délivrées, complétées par un cahier des charges, elles fixent la nature des cultures autorisées et les techniques utilisées, ainsi que les conditions d'occupation et d'utilisation du domaine public concédé, en précisant notamment les aménagements et ouvrages nécessaires à l'activité. Elles sont attribuées pour des durées longues, de 35 ans au maximum.

²⁴ Mise en application du protocole de Nagoya. La sélection de souches locales d'algues en vue de leur exploitation donnera lieu à l'application de ce protocole. Voir annexe 5.

créées²⁵, au titre des déclarations reçues, et de toutes les valorisations commerciales réalisées à partir de souches d'algues prélevées dans le milieu naturel, au titre des autorisations délivrées. Ce dispositif est néanmoins encore récent et nombre d'acteurs ne se le sont pas approprié. Le MTECT intervient également, en lien avec l'office français de la biodiversité (OFB) et le muséum national d'histoire naturelle (MNHN) dans la mise en œuvre de la réglementation sur les espèces invasives²⁶.

2.2. Un domaine d'activités peu structuré

Il n'existe pas de structure professionnelle spécifique au secteur algues, vraisemblablement du fait du nombre encore limité de producteurs (cf. 1.3) ou en raison de l'ambiguïté du statut juridique de l'algoculture dans ses différentes composantes. En effet, bien qu'ayant une activité agricole au sens de l'article L.311-1, les algoculteurs, dès lors qu'ils cultivent en mer, relèvent du régime social de l'établissement national des invalides de la marine (ENIM) ; ils ne sont donc pas considérés comme des chefs d'exploitation agricole et ne sont pas assujettis à la taxe sur le chiffre d'affaires, qui finance le compte d'affectation spéciale au développement agricole et rural (CASDAR).

Toutefois, quelques structures professionnelles déclarent assurer la représentation de toute ou partie des algoculteurs.

2.2.1. Les organisations professionnelles maritimes

Les comités régionaux des pêches maritimes et élevages marins (CRPMEM) sont des structures privées, gérant dans le cadre d'une délégation de service public la réglementation des pêches maritimes pour les espèces non soumises à quota. En application de l'article L912-1 du CRPM, tout professionnel qui se livre à un élevage marin, y compris l'algoculture mais excepté les conchyliculteurs, doit adhérer à un CRPMEM et cette adhésion emporte l'obligation de verser la contribution professionnelle obligatoire (CPO). Les CRPMEM assurent de nombreuses actions au profit de leurs adhérents : suivi de la réglementation, défense de leurs intérêts, formation, lien avec la recherche au travers de groupes de travail...

Pour les conchyliculteurs (article L912-6 du CRPM) l'adhésion obligatoire se fait auprès d'une structure interprofessionnelle créée par la loi, le comité régional conchylicole (CRC).

Il apparaît donc que les conchyliculteurs qui développent une activité d'algoculture, comme production complémentaire, sont, conformément aux dispositions législatives du CRPM, obligés d'adhérer aux deux structures et de verser deux CPO. Si cette situation satisfait les comités, il n'en va pas de même pour les conchyliculteurs qui ont par ailleurs une activité algocole. Ces derniers souhaiteraient un rattachement de leurs deux activités aux CRC.

La tutelle des CRPMEM et des CRC, tout comme celle des instances nationales, à savoir, le comité national des pêches maritimes et élevages marins (CNPMM) et le comité national de la conchyliculture (CNC), est assurée par le ministre en charge des pêches maritimes et de l'aquaculture marine.

2.2.2. La chambre syndicale des algues et végétaux marins

La chambre syndicale des algues et végétaux marins (CSAVM) est un syndicat professionnel regroupant 24 membres, qui sont tous transformateurs d'algues et très souvent producteurs ; ils sont

²⁵ Dès lors que les souches conservées ont fait l'objet d'une analyse génétique ou biochimique

²⁶ Voir annexe 5.

tous, par ailleurs, implantés en Bretagne. La CSAVM a pour objet de promouvoir l'utilisation des algues et de faciliter la mise en relation entre producteurs et transformateurs²⁷. Dans le cadre de son action pour renforcer l'image et la valeur ajoutée des produits de la filière, la CSAVM a fait réaliser une étude portant sur la sécurisation des produits mis sur le marché et l'amélioration des pratiques d'analyses et de suivi déjà en place.

2.2.3. La fédération des spiruliniers de France

La FSF est une association loi de 1901 créée en 2009, par une trentaine de producteurs, soucieux de développer une structure pour mutualiser leurs compétences et leurs moyens. Cette structure est unique en Europe et permet la structuration de la filière spiruline fermière française, dès lors qu'ils se reconnaissent dans le modèle « de spiruline paysanne », prôné par l'association.

En effet, la fédération se veut être un collectif solidaire à l'échelle du territoire français, regroupant des producteurs exploitant de petites unités (650 m² en moyenne) avec un mode de production artisanal, recréant les conditions naturelles de développement des cyanobactéries. La commercialisation a lieu principalement en direct sur les marchés ou sur internet, les magasins spécialisés donnant priorité aux productions sous label agriculture biologique (AB). L'adhésion des producteurs à la FSF emporte leur adhésion à la charte de l'association, qui définit les conditions de production de la spiruline fermière. Les spiruliniers de France se revendiquent agriculteurs et cotisent à la mutualité sociale agricole (MSA).

Alors que l'enquête du SSP recense 177 producteurs de spiruline pour l'année 2020²⁸, la FSF revendique une centaine d'adhérents en production et environ 60 adhérents qui sont porteurs de projets mais pas encore installés.

Agréée organisme de formation, la FSF organise des formations et aide à la conception des projets d'installation. Elle participe en outre à des projets de recherche et développements (R&D).

2.2.4. Des structures d'influence identifiées

- L'association européenne de la biomasse algale (european algae biomass association).

L'EABA²⁹ a pour objectif général de promouvoir les échanges et la coopération entre les producteurs et les utilisateurs de biomasse algale. Cette association intervient principalement au niveau européen, pour la défense des intérêts des algoculteurs, et également pour accroître les synergies entre scientifiques, industriels et décideurs politiques, en promouvant le développement de la recherche, des technologies et des capacités industrielles en matière de production et de valorisation des algues. Elle est actuellement présidée par un Français et plusieurs entreprises françaises du secteur, notamment celles concernées par la production de micro-algues.³⁰, en sont membres, y compris la FSF. Chaque année l'EABA organise un séminaire prisé des professionnels du secteur.

²⁷ une plateforme de marché (www.placedesalgues.fr) a été créée en mars 2022

²⁸ Le SSP dispose de deux moyens efficaces pour identifier les producteurs de spiruline, soit parce qu'ils sont adhérents de la fédération, soit parce qu'ils ont un code d'identification qui précise leur production de spiruline ; leur taux de réponse à l'enquête est donc élevé.

²⁹ <https://www.eaba-association.org/en/aboutus>

³⁰ L'idée d'un regroupement des producteurs et industriels, liés au secteur des micro-algues en France, avait donné lieu en octobre 2015, à l'occasion d'un colloque tenu à Saint-Nazaire, à la création de l'association France Micro-algues. Cette structure, même on en trouve encore mention sur internet, ne semble pas avoir prospéré, ni eu une quelconque activité.

- La Lloyd's foundation et Seaweed for Europe³¹.

Ces deux structures assurent actuellement une forte activité de lobbying au niveau européen, voire mondial, pour promouvoir le développement de l'algoculture, en présentant les algues comme une ressource indispensable à un avenir durable à l'humanité. Elles ont respectivement publié le « Seaweed manifesto » et « Hidden champion of the ocean seaweed as a growth engine for sustainable european future ».

Cette situation, dans laquelle la représentation professionnelle du secteur des algues n'est pas vraiment organisée, n'empêche pas que l'administration, en particulier au niveau local, puisse s'appuyer sur des sachants reconnus de leurs pairs. Cette pratique est particulièrement vraie pour ce qui concerne les macro-algues où des personnes compétentes et expérimentées, ayant acquis leurs connaissances au cours d'un long travail de recherche, d'innovation et souvent de création d'entreprises, sont disponibles pour approfondir des projets ou en appuyer de nouveaux. Le secteur des algues bénéficie à cet égard, d'un réel dynamisme.

2.3. Des collectivités territoriales particulièrement présentes, en appui des acteurs locaux

Les collectivités territoriales, lorsqu'elles sont au cœur de territoires étroitement liés aux enjeux maritimes, s'impliquent fortement dans les activités marines, y compris la production des algues. La Bretagne qui a réussi à faire émerger une filière algues, certes encore à conforter mais qui a acquis une visibilité réelle, fait figure d'exemple ; la Normandie, qui affiche une volonté de développer l'algoculture, pourrait s'en inspirer.

Leurs orientations et leur volontarisme en la matière sont le plus souvent mis en œuvre par des structures spécifiques, du point de vue de leur périmètre géographique et de leur domaine d'activité.

Ainsi des collectivités territoriales de Normandie, de Pays de la Loire, d'Occitanie, ont-elles mis en place des organismes spécifiquement dédiés aux activités et à l'économie des espaces maritimes, avec respectivement :

- Synergie Mer et Littoral (SMEL), syndicat mixte créé en 1981, implanté dans la « maison du département » à Saint-Lô, ainsi qu'à Blainville-sur-Mer ; il travaille en lien étroit avec l'université de Caen et sa station de biologie marine de Luc sur Mer
- le Syndicat Mixte pour le Développement de l'Aquaculture et de la Pêche en Pays de la Loire (SMIDAP), créé en 1982 et implanté à Nantes ;
- le Centre pour l'Aquaculture, la Pêche et l'Environnement de Nouvelle Aquitaine (CAPENA), association créée au 1er janvier 2021 par regroupement du Centre Régional d'Expérimentation et d'Application Aquacole, (CREAA) et de l'Institut des Milieux Aquatiques (IMA), implantée à Gujan-Mestras, sur le bassin d'Arcachon ;
- le Centre d'Études et de Promotion pour les Activités Lagunaires et Maritimes (CEPRALMAR) association créée en 1981, implantée à la « maison régionale de la mer » à Sète.

³¹ <https://www.seaweedeurope.com/>

Ces structures, qui semblent assez peu fonctionner en réseau, se qualifient fréquemment de centre technique, et sont en quelque sorte les opérateurs techniques des collectivités territoriales pour concrétiser sur le terrain leurs orientations politiques. Elles travaillent en général sur les macroalgues et sont fréquemment en lien avec les structures de R&D présentes sur le territoire.

À des échelles infrarégionales, les intercommunalités interviennent au titre du soutien aux activités économiques et commerciales d'intérêt communautaire. Elles peuvent le faire en se regroupant, comme dans le cas du Pôle métropolitain de Brest, créé en 2012 avec les sept intercommunalités du territoire (communautés de communes et métropole). Cette instance politique, dédiée au développement du territoire, a créé en 2018, en partenariat avec le technopôle Brest-Iroise³² et la chambre de commerce et d'industrie métropolitaine Bretagne ouest, le « Cluster algues du pays de Brest »³³. Ce réseau d'entreprises, organisé sous forme d'association, doté pour ses trois années de fonctionnement d'un budget de 250 000 €³⁴, constitue semble-t-il, l'exemple le plus abouti en termes d'appui public territorialisé, spécifiquement dédié aux algues et, à ce double titre, mérite d'être salué. En phase de renouvellement, ses financements ayant pris fin en septembre 2021, les partenaires socio-économiques du cluster envisagent de l'élargir aux territoires des Côtes d'Armor et du sud Finistère, en y accueillant les collectivités territoriales et les acteurs économiques de leurs périmètres géographiques. La structure resterait associative.

2.4. Un secteur R&D foisonnant

La France est historiquement³⁵ un leader en matière de connaissance sur les algues.

2.4.1. Des unités de recherche fondamentale et des pilotes de laboratoire

Le centre national de la recherche scientifique (CNRS) est un acteur majeur avec les stations biologiques de Roscoff (SBR), Villefranche sur Mer et Banyuls sur Mer, dont les recherches sont orientées sur la biologie des algues, et le laboratoire GEPEA³⁶ de Nantes, davantage engagé sur les process de culture et d'extraction. Pilote des programmes européens Idealg et Génialg³⁷, la SBR et ses responsables disposent d'une expertise de haute qualité, en lien étroit avec les entreprises en place ou émergentes. Tous les interlocuteurs que la mission a rencontrés dans les régions Bretagne, Normandie ou Pays de la Loire, ont revendiqué des relations avec la SBR, souvent sur un mode très suivi.

³² La technopôle Brest-Iroise est une association créée en 1988, qui regroupe environ 200 membres (entreprises, grandes écoles, université, centres de recherche, collectivités territoriales, organismes professionnels) représentant 6 300 personnes, dont plus de 2 000 étudiants sur son site de Plouzané.

³³ Le cluster Algues s'est fixé trois défis, sur le renforcement de la recherche et le transfert de connaissances, sur l'organisation de la filière, et sur le développement des synergies et coopérations pour renforcer le développement local. Il se veut aussi contributeur aux échanges avec les pouvoirs publics, par exemple par un suivi des métaux lourds qui pourra être transmis à l'Anses, ou par des travaux sur la traçabilité des produits, éventuellement utilisables pour les certifications "biologique".

³⁴ Financements du FEAMP (à hauteur de 50 %), de la région Bretagne (pour 30 %) et des partenaires regroupés au sein du Pôle métropolitain de Brest (pour les 20 % restant comprenant une participation de l'Etat via le FNADT),

³⁵ C'est à la station biologique de Roscoff que C. Sauvageau dans les années 1910 a le premier compris le cycle de développement des laminaires ouvrant la voie à la possibilité de leur mise en culture.

³⁶ Génie des procédés- environnement-agro-alimentaire. Unité mixte de recherche associant Oniris, l'université de Nantes, IMT Atlantique et le CNRS

³⁷ Engagé en 2017, ce programme vise spécifiquement la collaboration entre la recherche et les entreprises, dans le but d'augmenter la production.

Cette implication du CNRS permet au secteur d'émarger aux appels d'offres financés par l'agence nationale de la recherche (ANR).

On peut également citer les laboratoires de recherche d'AgroParisTech et de l'institut Agro Rennes-Angers qui conduisent des travaux sur les algues, notamment en ce qui concerne leur potentiel en tant que sources de protéines alternatives, et sur la maîtrise des cycles de reproduction d'espèces encore mal connues.

Le commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA) est également un acteur impliqué depuis de nombreuses années dans le secteur des micro-algues. Actuellement les travaux sont conduits au niveau de la plateforme technologique de Cadarache. Cette structure propose des appuis aux entreprises demandeuses, pour des travaux de recherche qui se situent à des niveaux de 4 à 7 sur l'échelle de TRL³⁸ ; elle peut pour cela s'appuyer sur des travaux de recherche plus fondamentale (échelle de TRL de 1 à 4), conduits par ailleurs dans des laboratoires du centre. En outre, cette plateforme travaille avec l'institut national de recherche en informatique et en automatique (INRIA) de Sophia Antipolis sur des modélisations de la croissance des micro-algues afin d'optimiser les conditions de culture.

La plateforme Algosolis, créée en 2015 et pilotée par l'université de Nantes, en lien avec le laboratoire GEPEA du CNRS, offre l'infrastructure et les équipements nécessaires à l'exploitation contrôlée, intensifiée et durable de la ressource micro-algale à grande échelle. Au-delà de l'outil, c'est bien un effet d'accélérateur de l'ensemble de la filière que propose Algosolis. Elle permet aux différents acteurs de développer des projets de recherche et d'innovation dans le domaine des biotechnologies marines et des bioénergies.

2.4.2. Un centre technique agricole et agro-alimentaire dédié aux algues

Le centre d'étude et de valorisation des algues (CEVA), créé en 1982, est dédié aux algues, aux plantes marines et à la biotechnologie marine. Depuis lors, le CEVA est devenu un acteur clé du secteur des algues, par sa position transversale dans l'écosystème de l'innovation, de la recherche appliquée ou technologique, et du prototypage. Ses compétences couvrent toute la chaîne de l'innovation, depuis la démonstration jusqu'à la mise en œuvre pré-industrielle et le développement de démonstrateurs. Il est qualifié par le MASA en tant qu'institut technique agricole (ITA) et institut technique agro-alimentaire (ITIA) et, à ce titre, est membre des réseaux ACTA et ACTIA³⁹. Il réalise des missions d'intérêt général en tant qu'institut technique agricole et agro-industriel et de la R&D en partenariat ou sous contrat. Société d'économie mixte locale, les recettes de son budget annuel, de 2,3 M€, proviennent pour l'essentiel de la vente de prestations de services, complétées par des subventions des collectivités territoriales locales bretonnes⁴⁰.

2.4.3. Les pôles de compétitivité

Plusieurs pôles de compétitivité ont labellisé des projets de R&D (cf. annexe 11).

³⁸ Échelle TRL, pour "Technology Readiness Levels". Elle rend compte du niveau de maturité technologique sur une échelle de 1 à 9. Les niveaux 4 à 7 vont de la réalisation en laboratoire d'un modèle fonctionnel, jusqu'à la démonstration de performance pour la réalisation d'un premier produit.

³⁹ L'Association de coordination technique agricole (ACTA) coordonne tous les ITA et l'ACTIA (association de coordination technique pour l'industrie agro-alimentaire) fait de même avec les ITIA.

⁴⁰ Pour l'année 2022, les dotations budgétaires reçues des collectivités territoriales s'élèvent à 464 000 €, dont 192 000 de la région, 232 000 € du département du Finistère et 40 000 de la communauté d'agglomération Lannion-Trégor.

Quatre d'entre eux, Bioeconomy for change (B4C)⁴¹, Aquimer, les pôles Mer Bretagne Atlantique (PMBA) et Mer Méditerranée (PMM) ont joué un rôle plus important. Le PMBA⁴², et le PMM ont pour principal objet la recherche pré-industrielle, en tant qu'intermédiaire entre la recherche publique et les acteurs socio-économiques. Ils prennent en charge un lourd travail de dialogue et d'animation des acteurs à l'échelle régionale ou au-delà, et sont souvent à l'origine de centres d'expérimentation. Ces pôles de compétitivité sont en situation de pouvoir capter les opportunités de financement dans le cadre des programmes d'investissement d'avenir.

2.5. Les instituts techniques agricoles

Comme explicité en annexe 9, la production de spiruline peut se développer soit dans un cadre familial, au sein de structures agricoles, soit dans un cadre industriel. Si ce dernier se rattache plutôt aux logiques de production qui prévalent pour les micro-algues et fait largement appel aux structures de R&D, les spiruliniers fermiers ont des relations avec l'institut technique de l'aviculture (ITAVI)⁴³. L'institut technique de l'horticulture, Astred'hor, réalise également des travaux sur la production de spiruline, dans le cadre de réflexions sur des reconversions ou des diversifications proposées aux maraichers. Certains de ces travaux bénéficient de financement du compte d'affectation spécial développement agricole et rural (CAS DAR)⁴⁴.

2.6. L'agence de la transition écologique

L'ADEME dispose d'une équipe dédiée aux micro-algues. Via des appels d'offres, elle finance des projets de recherche dans ce secteur et essaye d'assurer un suivi de ce secteur. Historiquement, les travaux de l'ADEME étaient centrés sur les micro-algues d'eau douce et plus spécifiquement sur les processus permettant de produire des molécules d'intérêt pour la chimie ou la production de biocarburant. Désormais l'ADEME suit les recherches sur la captation du CO₂ ou l'épuration des eaux usées.

2.7. L'institut français de recherche pour l'exploitation de la mer

Partenaire historique du secteur des algues, l'institut français de recherche pour l'exploitation de la mer (IFREMER) s'est progressivement désengagé du secteur des macro-algues. Actuellement il s'est spécialisé sur le suivi des efflorescences de micro-algues toxiques et a conservé une petite activité, en lien avec l'université de Nantes, sur les molécules d'intérêt extractibles⁴⁵.

⁴¹ Précédemment pôle Industries et agro-ressources (IAR)

⁴² Il regroupe 400 adhérents, dont 240 PME.

⁴³ Cet institut technique est en charge des secteurs avicole, cunicole et aquacole

⁴⁴ Projet « spiruline paysanne » CAS DAR 5504 ; 2015/2019.

⁴⁵ Voir l'article publié dans Ouest France le 12 février 2022 : « Une microalgue pour éliminer l'acné : une découverte porteuse d'espoir ».

2.8. Une offre de formation limitée

En matière de formation initiale, l'enseignement de l'algoculture dans le cadre de formations diplômantes s'inscrit dans le cadre de l'enseignement de l'aquaculture. En France, trente-quatre établissements⁴⁶, relevant de différentes tutelles ministérielles, proposent cet enseignement aquacole, mais la place qu'ils accordent à l'algoculture et à ses spécificités est variable. Les savoir-faire propres à la culture des algues et plus encore au fonctionnement d'une entreprise algicole, avec ses différents métiers de pilotage général, de direction technique, de production, de développement et de commercialisation, ne sont donc pas vraiment enseignés selon des modalités homogènes et fréquemment rencontrées. En outre, les apports techniques sont en général ponctuels et spécialisés, centrés sur une technique ou une espèce⁴⁷. Il manque donc un cadre de référence intégrant la conduite de différentes cultures, de différentes espèces, mettant en œuvre différents modes de production pour différents usages.

Les porteurs de projet, quand ils font le choix de se porter sur l'activité algicole en estimant suffisante leur capacité d'entreprendre, peuvent néanmoins bénéficier d'accompagnements de la part de plusieurs organismes, y compris sous la forme de parcours individualisés. Ceux-ci peuvent associer des modules de formation initiale ou continue, des stages en entreprise ou dans des organismes de recherche, ou encore des rencontres avec des responsables des secteurs bancaire, consulaire ou administratif. Ainsi le CEVA propose des stages d'une ou deux journées, sur de nombreux sujets pratiques (applications cosmétiques des algues, intérêts nutritionnels des algues en agro-alimentaire, culture des micro-algues, culture des macro-algues en bassins et lagunes...). La SBR propose quant à elle des formations avec un contenu plus académique (taxonomie, identification des macro-algues sur le terrain). Par ailleurs, l'institut Agro vient de mettre en place une formation professionnelle en dix jours pour une « l'initiation au contexte professionnel de la filière des algues alimentaires ». Enfin le CFPPA de Hyères joue traditionnellement un rôle important dans la formation des spiruliniers.

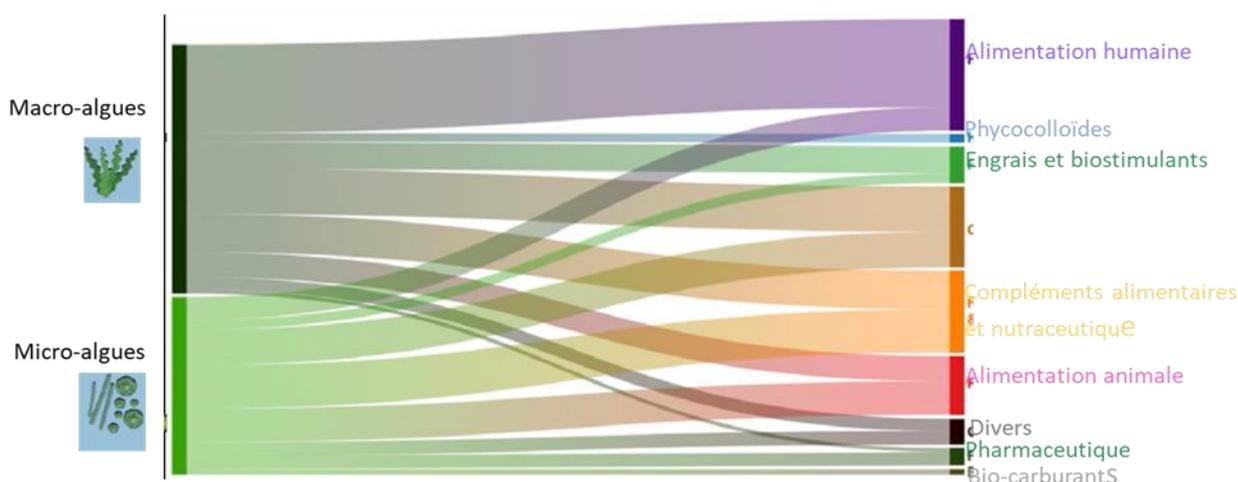
⁴⁶ Établissements d'enseignement agricole, lycées maritimes, universités, conservatoire national des arts et métiers,

⁴⁷ Par exemple, le wakamé ou la culture en mer sur filières.

3. LES LOGIQUES ECONOMIQUES DES FILIERES DE L'ALGOCULTURE

La logique économique est liée à la nature du débouché et au fait qu'un même segment de marché peut parfois être satisfait, tant par des macro-algues que des micro-algues dont les spirulines. C'est ce qu'illustre le schéma ci-dessous, qui montre par exemple, que pour les entreprises de production de macro-algues, l'alimentation humaine est le principal débouché mais qu'elles sont également présentes sur les autres segments de marché, dont elles peuvent représenter une part importante, excepté sur celui des bio-carburants. Le schéma illustre également qu'un même débouché (celui des compléments alimentaires en l'occurrence) peut être satisfait à égale proportion par les entreprises de production des macro-algues et celles des micro-algues.

Valorisation commerciale de la biomasse issue des macro et micro-algue



NB : schéma établi sur la base du nombre d'entreprise de transformation et non du volume de biomasse
Source Arojo et al 2021, in blue economy report

Par ailleurs, comme le montre le graphique ci-dessous, suivant la nature du débouché, la valeur ajoutée varie très sensiblement. S'agissant de productions relativement consommatrices de main d'œuvre ou très capitalistiques (cf. annexes 7, 8,9 qui décrivent les modes de production) il apparaît que les marchés de niche, situés au sommet de la pyramide, sont les plus susceptibles de couvrir les coûts de production. A contrario les bio-carburants, la bio-remédiation, et les secteurs agricoles et agroalimentaires sont des marchés demandeurs de gros volumes mais qui ne dégagent qu'une faible valeur ajoutée.

Market applications of algae products



Source : DG MARE WK 7032/2022 INIT.

3.1. Une valorisation de l'algue entière en circuits courts

La valorisation en circuit court concerne essentiellement les algues utilisées en alimentation humaine, c'est-à-dire les macro-algues et la spiruline. Dans ces modes de valorisation les algues subissent peu d'étapes de transformation puisqu'on valorise autant que faire se peut le produit brut. Le marché des algues alimentaires restant encore restreint, il connaît cependant un développement certain avec la mise en marché de produits innovants (tartare, thé, condiments, ...) visant à créer des aliments adaptés à la culture culinaire française.

Vingt-deux macro-algues sont autorisées à la consommation en France (cf. tableau p 69) mais la commercialisation se concentre sur six d'entre elles : le haricot de mer, la laitue, la dulse, le nori, le wakamé et le kombu royal qui assurent 99 % du marché⁴⁸.

⁴⁸ Source Polistr 2021, d'après CEVA



Wakamé
ou fougère de mer
Undaria pinnatifida



haricot de mer
ou spaghetti de mer
Himanthalia elongata



kombu royal
ou boudrier de Neptune
Saccharina latissima



nori
Porphyra et Pyropia spp.



dulse
ou goémon à vache
Palmaria palmata



laitue de mer
Ulva spp.

Source : photographies tirées du guide des espèces, publié par Ethic Ocean.

Les algoculteurs, ont quasiment tous internalisé la première transformation de leurs produits⁴⁹, pour les présenter sous des formes très variées, tout en en conservant la valeur ajoutée (paillettes, de poudres, de tartares, de rillettes, de gâteaux, de soupes...). Ces produits transformés sont fréquemment commercialisés sur les marchés locaux, via les sites internet des producteurs, ou dans les circuits des magasins spécialisés notamment les magasins bio.

3.2. Des valorisations plus élaborées, par l'extraction de molécules

Comme indiqué précédemment, les algues se caractérisent par leur capacité à synthétiser des molécules originales, utilisables dans de très nombreux domaines. Il s'agit souvent de molécules complexes, polymères à poids moléculaire élevé. Suivant le niveau de dépolymérisation obtenu à la suite du bio-raffinage, on obtient des produits aux propriétés différentes.

Pour les macro-algues, cette voie est relativement ancienne (la première utilisation des algues ayant été la production de teinture d'iode). À partir des années 50 la France a vu émerger une industrie

⁴⁹ La mission n'a pas rencontré ni entendu parler, de producteurs dont l'activité soit strictement limitée à la production d'algues.

de production de sels d'alginate⁵⁰, qui ont été extraits des laminaires récoltées par les goémoniers au large du Finistère. Une tonne d'algues fraîches donnant entre 30 et 40 kg d'alginate ; le rendement est donc relativement faible, ce qui nécessite une matière première bon marché. Actuellement les usines d'alginate dans le monde utilisent des algues récoltées dans le milieu naturel ou des algues de cultures devenues impropres à la consommation humaine donc commercialisées à bas prix. Se pose toutefois la question du devenir des co-produits de fabrication qui représentent des volumes significatifs⁵¹. En outre, alors que le marché le plus porteur est celui des carraghénanes, on ne maîtrise pas à l'heure actuelle la culture des espèces indigènes qui en contiennent.⁵²

Il semble donc judicieux pour les entreprises, de développer, à l'instar de ce qui se fait pour les céréales ou les oléagineux, des procédés de bio-raffinage, qui permettent d'extraire un maximum de molécules d'intérêt. C'est d'ailleurs la stratégie poursuivie par la société Algaïa qui a racheté récemment l'unité de production d'alginate de Cargill mais en en modifiant la logique : les alginate sont en passe de devenir des co-produits de l'extraction d'autres molécules d'intérêt.

Pour les micro-algues, rarement valorisées en entier sauf lorsqu'elles sont destinées à la nourriture des juvéniles en aquaculture, les travaux ont dès le départ porté sur la production de molécules d'intérêt. Elles sont soit libérées directement dans le milieu de culture, soit accumulées dans les cellules, le cas échéant suite à un stress, et récupérées ensuite par extraction. Les coûts de productions sont élevés et les volumes produits sont généralement faibles, cantonnant ces productions aux marchés de la nutraceutique, de la pharmaceutique ou de la chimie fine. Les technologies de production actuellement disponibles sont inadaptées à la production de biocarburant, qui nécessite de produire de gros volumes à bas coûts. En revanche les micro-algues, qui se caractérisent par leur forte teneur en protéines, pourraient jouer à l'avenir un rôle important dans les apports protéiques de l'alimentation humaine, dans un contexte d'évolution des régimes alimentaires. C'est le pari qu'a fait la société, Algama⁵³ qui produit un substitut d'œuf à base d'algues.

3.3. Une algoculture complémentaire de l'aquaculture

Les installations piscicoles ou conchylicoles marines peuvent être fragiles sur le plan économique, car leurs chiffres d'affaires reposent en général sur une seule production et sont donc sensibles aux aléas, lesquels sont d'autant plus difficiles à prévenir que ces productions se font en milieu ouvert. Par ailleurs de telles productions peuvent avoir une mauvaise image, d'abord parce qu'il faut nourrir les animaux d'élevage parfois avec des farines ou des huiles de poisson tirées d'animaux marins et, ensuite par ce que les déjections polluent le milieu. L'idée est donc venue de valoriser des systèmes d'élevage plus complexes, dénommés aquaculture multitrophique intégrée (AMTI), associant la production d'algues, de coquillages et ou de poissons suivant le schéma théorique ci-dessous, qui montre bien la circularité du concept :

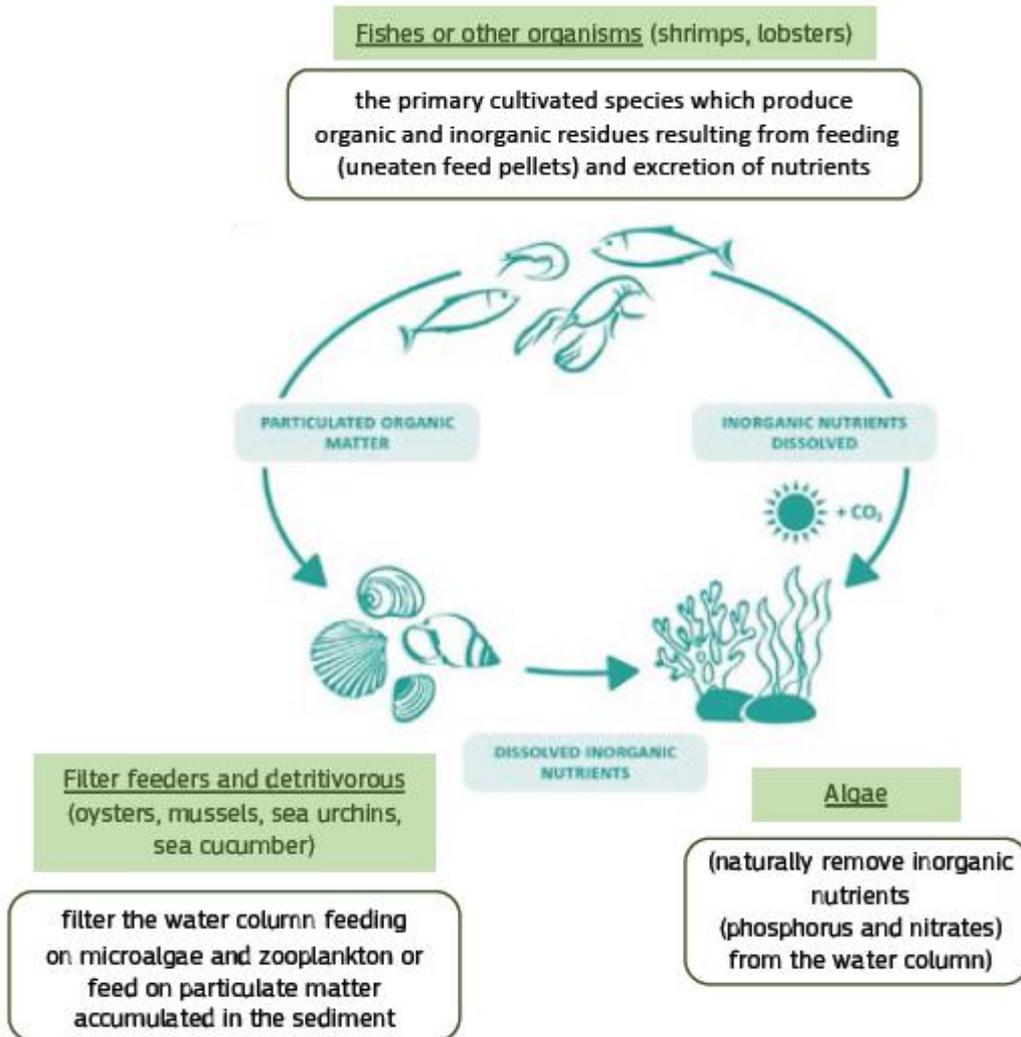
⁵⁰ Le secteur des géliants traite 75 % des algues produites en France (source étude POLISTR,2021).

⁵¹ Le projet Ciralgae (projet Horizon Europe qui associe le CEVA et le pôle Aquimer) vise à valoriser ces co-produits et ceux des unités d'extraction de micro-algues par des process de bio-raffinage.

⁵² Les carraghénanes sont extraits de *Gelidium* récoltés en épave sur la côte basque. D'ailleurs il n'y a plus d'unités de transformation en France.

⁵³ (<https://algamafoods.com/>)

Integrated Multitrophic Aquaculture (IMTA)



Source : blue economy report 2021

La mission a eu connaissance de plusieurs entreprises fonctionnant autour de ce concept et d'un programme de recherche, Polistr, labellisé par le PMBA et financé par le FEAMP.

L'AMTI est un procédé de production qui va au-delà de la simple association culturale d'algues et de coquillages pour diversifier les productions. Dans les projets AMTI, les algues sont produites en vue de nourrir un ou plusieurs stades du cycle de production des animaux, en permettant le cas échéant une valorisation locale du surplus. Les algues produites (micro-algues pour la nourriture au stade larvaire, ou bien macro-algues) sont sélectionnées pour répondre au mieux aux besoins nutritionnels des animaux. Par ailleurs, dans le cas de productions à terre, les algues peuvent valoriser les eaux issues des bassins d'élevage, enrichies des déjections des animaux, et procéder ainsi à une épuration facilitant le rejet dans le milieu naturel.

Cette technique est également testée en milieu ouvert, avec un élevage associant algues et truites de mer⁵⁴. Si le concept est théoriquement séduisant, sa mise en œuvre pratique nécessite la maîtrise de nombreuses compétences. A cet égard, et la mission a constaté que les start-up qui se portent sur ce type d'activités, sont en général dirigées par des personnes disposant de compétences élevées, souvent diplômées de l'enseignement supérieur, associant des qualités d'ingénieur, d'agent commercial et de chercheur.

En matière de productions associées, les tentatives, lancées au début des années 2010 dans l'objectif de pallier les pertes de revenus de conchyliculteurs confrontés à des mortalités massives de naissains d'huîtres, ne se sont pas concrétisées car les techniques de production et les marchés se sont avérés trop différents⁵⁵.

Toutefois la situation semble évoluer et la mission prend acte de l'intérêt du comité national de la conchyliculture pour cette pratique, vue comme une diversification intéressante pour ses adhérents dès lors qu'ils pourraient disposer de supports de culture ensemencés. Plusieurs études tendent d'ailleurs à mettre en évidence, les bénéfices réciproques de ces associations culturelles entre les algues et les coquillages.

Sur un plan pratique on peut retenir qu'à court terme, seuls des projets utilisant des algues à cycle biologique court et facilement maîtrisable, sont envisageables car permettant un retour sur investissement rapide. La culture de kombu royal ou d'atlantique wakamé sur filières dans des parcs en eau profonde⁵⁶, pourrait s'y prêter.

3.4. La bio-remédiation et l'atténuation du changement climatique peuvent-elles constituer des débouchés d'avenir ?

Ces utilisations des algues, qui valorisent leurs capacités à prélever des nutriments dans l'eau et à fixer le CO₂ atmosphérique, sont expérimentées depuis peu, principalement avec des micro-algues. A travers plusieurs programmes de recherche (cf. annexe 11) labellisés par des pôles de compétitivité et financés par l'ADEME ou les programmes d'investissement d'avenir, des industriels cherchent à capter les émissions de CO₂ en sortie de leurs installations et à les utiliser pour produire de la biomasse algale, que ce soit avec des macro-algues⁵⁷ ou des micro-algues⁵⁸.

L'épuration des eaux usées par les micro-algues fait aussi son chemin, à l'instar du procédé développé par l'usine nantaise de Yara France, ou des travaux de recherche conduits par le CEVA sur le traitement par les micro-algues, des rejets de cultures hors-sol⁵⁹.

La biomasse ainsi produite peut faire l'objet de diverses utilisations, surtout si les souches employées ont été judicieusement choisies afin de répondre à un débouché identifié. Au surplus, cette biomasse qui constitue un co-produit de la remédiation, peut être valorisée à son coût de production marginal, ce qui peut permettre d'explorer des débouchés innovants tels que les bio-bitumes, les plastiques biodégradables ou les biostimulants pour les plantes ou les animaux de rente. Cette valorisation dans le domaine agricole connaît d'ailleurs un développement croissant,

⁵⁴ <https://symbiomer.com>

⁵⁵ Voir étude POLISRT 2021, lot 5

⁵⁶ Voir étude POLISTR, 2021

⁵⁷ Par exemple dans le projet Erranova avec la production de laitue.

⁵⁸ Par exemple par le procédé Carbon Works, développé dans le cadre du projet Cimentalgue.

⁵⁹ Projet Phytépur, la biomasse produite étant valorisée en solutions nutritives ou biostimulantes.

comme en témoignent les projets Screenalg, Phyt'épur⁶⁰ ou les travaux conduits depuis plusieurs années par la société OLMIX en partenariat avec l'institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (INRAE). Le renforcement des objectifs de réduction de l'usage des antibiotiques et des produits phytosanitaires, devrait accroître ces débouchés, même si les procédés de fabrication restent onéreux et si ces produits peinent à trouver leur marché dans le contexte réglementaire actuel.

On ne saurait conclure ce paragraphe sans mentionner les travaux en cours sur l'incorporation d'extraits d'algues dans la ration des ruminants afin de réduire les rejets de méthane issus de la fermentation entérique. Les idées dans ce domaine sont nombreuses, que ce soit à partir d'*Asparagopsis armata* (algue originaire du pacifique), à partir d'algues européennes (travaux de l'université de Belfast), ou encore dans le cadre du projet Meth'alg auquel participe le CEVA.

⁶⁰ screening d'extraits de micro-algues pour leurs propriétés biostimulantes.

4. DES EVOLUTIONS INSTITUTIONNELLES, ACADEMIQUES ET REGLEMENTAIRES, POUR L'EMERGENCE D'UNE FILIERE

Les éléments qui précèdent ont mis en exergue la diversité des enjeux et les opportunités d'une mise en production d'algues de culture, en pointant toutefois des défis qui ne doivent pas être occultés et qui doivent faire l'objet d'une mobilisation des acteurs. La mise en place de mesures de politique publique, pourrait être de nature à faciliter la résolution de certains problèmes.

Alors que les potentialités sont réelles dans de nombreux secteurs et selon différentes technologies, elles ne sont pas toutes équivalentes en termes de délais et de faisabilités technique et économique. En conséquence une, ou plutôt des, politiques publiques de l'algoculture devront mobiliser plusieurs niveaux de l'action publique, pour accompagner le positionnement des acteurs économiques français, sur tous les segments de marché, à court, moyen et long termes.

L'échelon européen, tout d'abord, s'avère le plus approprié pour engager des travaux structurants sur des usages d'avenir, complexes mais à fort potentiel. En revanche et à brève échéance, l'échelon national et celui des territoires, peuvent améliorer la visibilité institutionnelle des professionnels et concourir à l'accroissement des usages alimentaires des algues.

Pour élaborer ses propositions, la mission est partie du constat que le développement de la filière micro-algues et le volet bio-raffinage des macro-algues, relèvent prioritairement des biotechnologies marines, objet d'un rapport spécifique⁶¹. Elle s'est donc centrée sur la situation des macro-algues et de la spiruline, deux productions principalement destinées à l'alimentation. Au demeurant, si actuellement il n'est pas économiquement rentable d'approvisionner la filière alginate (dont le débouché, au final, est indéniablement alimentaire) par des algues cultivées en France, il n'est pas exclu qu'à moyen terme ce marché puisse devenir important, notamment si la récolte dans le milieu naturel devait faire l'objet de limitations. Les progrès techniques réalisés à des échelles encore limitées pour la culture d'espèces alimentaires, seraient alors facilement mobilisables pour de plus gros volumes.

4.1. Assurer la complémentarité des acteurs publics et des représentations des professionnels

4.1.1. Le rôle de l'Europe et des collectivités territoriales

La Commission européenne a lancé une initiative « algues » qui vise à développer le potentiel de production algale au sein de l'Union européenne, en développant une production durable, une consommation saine, et des usages alimentaires et non alimentaires innovants. La mission a pu constater la cohérence des actions européennes qui sont prévues dans ce cadre⁶², avec les politiques nationales qui sont conduites par la France, notamment dans le plan aquaculture d'avenir 2021-2027. L'initiative « algue » de l'Europe, constituera donc un cadre et un relai porteurs, pour le développement de l'algoculture en France.

⁶¹ Mission CGAAER 21090, conjointe CGEDD et IGAM.

⁶² Dans le cadre de l'initiative « algue », la Commission propose d'améliorer le cadre de la gouvernance et la législation afférentes aux secteur des algues, d'en soutenir financièrement l'amélioration du contexte économique, d'en faciliter l'acceptabilité sociale et de résoudre les impasses qui existent en termes de recherche et de développement technologique.

Concernant le développement des utilisations alimentaires des algues (y compris sous la forme d'additifs destinés aux industries agro-alimentaires), l'encadrement des usages et des pratiques sur le plan réglementaire (pour traiter notamment des enjeux sanitaires et environnementaux) doit être traité au niveau national, en déclinaison du cadre normatif européen. En revanche, l'appui et l'accompagnement des entreprises doit continuer de relever du niveau territorial ; au demeurant les crédits FEAMPA et FEADER, essentiels dans ce domaine, sont désormais largement gérés par les régions. Le rôle majeur joué par les pôles de compétitivité dans les territoires, devrait permettre l'implication et la coordination des acteurs locaux dans le développement de l'algoculture.

4.1.2. Améliorer la représentation des professionnels

L'état des lieux réalisé dans les parties 1, 2 et 3 a mis en évidence que le rattachement administratif des professionnels peut relever, soit de dispositifs "agriculture", soit de dispositifs "pêche". Même si les algues peuvent se développer en eaux douces et en eaux marines, et même si leur exploitation résulte, soit d'une pêche dans le milieu naturel, soit d'une mise en culture, la co-existence de ces deux voies de rattachement administratif conduit parfois à des situations surprenantes.

Il paraît aux missionnés qu'une clarification devrait être apportée, par les évolutions suivantes :

- L'algoculture relevant d'une action de culture marine, et puisque celle-ci nécessite l'obtention, non pas d'une licence de pêche délivrée par le CRPMEM, mais d'une autorisation d'exploitation des cultures marines⁶³ délivrée après avis de la commission des cultures marines (CCM), il est nécessaire de s'assurer que celle-ci comprend effectivement des représentants professionnels porteurs des intérêts de l'algoculture, dès lors qu'un dossier de ce type est mis à l'ordre du jour.
- Une réflexion devrait par ailleurs être engagée rapidement avec les représentants du CNC et du CNPMM, afin de clarifier les conditions de rattachement de l'algoculture à l'une ou l'autre de ces organisations professionnelles. Une proposition de loi portée par le député Stéphane Travert⁶⁴ avait envisagé de rattacher l'algoculture aux cultures marines, proposition qui avait le mérite de clarifier l'appartenance de l'algoculture à l'interprofession conchylicole, en en accroissant modérément le périmètre. Cette clarification législative reste d'actualité ; il serait utile de la faire aboutir, après un dialogue informel entre les deux instances nationales.

⁶³ Ces décisions administratives autorisent à la fois l'activité et l'occupation du domaine public maritime. Leur régime juridique a été fixé par le décret n°83-228 du 22 mars 1983 modifié ; il est désormais codifié aux articles R923-9 à R923-13 du code rural et de la pêche maritime. Lorsqu'elles sont délivrées, avec des compléments découlant d'un cahier des charges, elles fixent la nature des cultures et des techniques autorisées, ainsi que les conditions d'occupation et d'utilisation du domaine public concédé, en précisant notamment les aménagements et ouvrages qui y sont liés.

⁶⁴ Proposition de loi n°2316, enregistrée à la Présidence de l'Assemblée nationale le 16 octobre 2019. Voir annexe 13.

R1. Au Bureau de l'aquaculture (BAQUA). Donner une définition plus précise des élevages marins et de l'algoculture et préciser leurs modalités de représentation professionnelle, en reprenant le cas échéant la proposition de loi qu'avait déposée le député Stéphane Travert.

4.2. Accroître et diffuser les connaissances

4.2.1. Améliorer l'efficacité du secteur R&D

Bien que plusieurs programmes de recherche français ou européens aient été lancés depuis le début des années 2010, de nombreuses questions restent posées à la recherche. Pour les macro-algues elles concernent à la fois la connaissance des cycles de développement des algues dès lors qu'elles ne peuvent pas se reproduire par simple multiplication végétative, et l'amélioration des techniques de production en mer ou en bassins. Actuellement ces cycles de développement ne sont maîtrisés que pour des algues brunes (atlantic wakamé, kombu royal, wakamé, haricot de mer). Les travaux engagés récemment dans le cadre du programme Polistr ont porté sur le nori et la dulse, deux algues très demandées par les marchés. Les résultats obtenus sont encourageants mais encore insuffisants pour permettre une large diffusion des techniques de production.

L'accroissement des connaissances devrait également se porter sur les conditions opérationnelles de production en mer. Outre une meilleure connaissance de l'influence du milieu sur les rendements (courantologie, sédimentation, luminosité...), les professionnels sont demandeurs d'amélioration et de modernisation de leurs techniques de production, lesquelles semblent n'être pas assez étudiées par la R&D : matériels d'enregistrement automatisé des paramètres de culture et d'environnement pour permettre le suivi des productions à distance et par tout temps, amélioration de l'ancrage des corps morts, surveillance par drones des filières en mer... En effet, les professionnels soulignent que l'inadaptation des équipements techniques, est source de surcoûts importants, du fait des pertes fréquentes en cas d'intempéries. Des crédits FEAMPA pourraient être mobilisés en ce sens.

Par ailleurs, si la lenteur des avancées scientifiques et techniques tient pour une part aux caractéristiques biologiques des algues, la mission a néanmoins été surprise par l'insuffisante coordination entre les structures impliquées dans la R&D. Même si des pôles de compétitivité assurent une certaine structuration régionale, des concertations régulières s'imposent sur les travaux conduits dans le domaine des macro-algues, par le CEVA, la SBR, et les différents établissements d'enseignement supérieur, notamment pour optimiser l'utilisation des crédits ANR, FEAMPA et régionaux.

Enfin les organismes de recherche disent rencontrer des difficultés⁶⁵ pour assurer la bonne conservation de leurs souchothèques. Pourtant, il est utile, afin d'assurer le développement de la filière, que des souchothèques publiques, comportant de nombreuses références, soient facilement accessibles à tous les porteurs de projet, surtout si les méthodes de culture à terre sont amenées à se développer. La mission a eu connaissance de deux souchothèques publiques, celle du CEVA qui a notamment développé une petite souchothèque de spiruline, et celle de la SBR.

⁶⁵ Le problème réside dans le coût de leur fonctionnement car les algues sont conservées vivantes, ce qui nécessite des manipulations régulières.

R2. Au MASA, à la DGAMPA et au MESR. Mettre en place des appels d'offre dédiés au financement de projets permettant de franchir le cap du pilote industriel et d'innover dans la conduite opérationnelle sur les sites de production. La pérennisation des souchothèques publiques est également un enjeu fort.

4.2.2. Améliorer la formation initiale et continue

Le rapport d'AgroCampus Ouest de 2016 a dressé un tableau des compétences scientifiques, techniques et comportementales nécessaires à l'exercice de la profession d'algoculteur. C'est en effet une activité complexe, qui implique la maîtrise des travaux en éclosérie, celle des techniques de culture en mer (qui impliquent de pouvoir piloter un navire), des techniques de première transformation (puisque les algues ne se conservent pas longtemps après récolte), et enfin des pratiques de commercialisation des produits, dans un marché émergent et composé de niches, pour lesquelles il est essentiel de se démarquer.

En conséquence, les dirigeants d'entreprises algocoles doivent disposer à la fois, de connaissances pointues en biologie, être capables d'imaginer des solutions techniques innovantes pour répondre les problèmes pratiques, et gérer les procédures administratives inhérentes à une activité économique située à l'interface des régimes sociaux agricoles et marins.

Conformément à l'analyse réalisée au paragraphe 2.5, la mission relève que l'organisation actuelle du système de formation ne permet pas de satisfaire aux exigences de l'activité d'algoculteur. Les apports techniques sont en général ponctuels et spécialisés, centrés sur une technique ou sur une espèce⁶⁶. Il manque donc un cadre de référence intégrant toutes les compétences nécessaires à l'exercice de cette profession. Même si presque tous les professionnels en activité, sont passés à un moment ou à un autre de leur projet, par le système d'enseignement qui est aujourd'hui en place, celui-ci ne permet pas à l'heure actuelle de former des professionnels capables de se porter sur tout type de produit et tout mode de production, en combinant au mieux les opportunités qui se présentent à eux.

R3. À l'attention du MASA (DGER) et de la DGAMPA. Établir un référentiel de formation pour l'algoculture, concernant tous les niveaux de formation : CAP, Bac professionnel, BTS, formation d'ingénieur.

4.3. Lever les freins réglementaires au développement du marché des algues

4.3.1. Le label AB est un réel atout pour la commercialisation

Les producteurs de macro-algues et de spiruline, disent ne pouvoir valoriser correctement leurs productions que par des circuits courts, en assurant eux-mêmes la vente sur les marchés locaux ou sur internet, ou via des réseaux de magasins spécialisés dans lesquels le label AB s'avère quasiment obligatoire.

⁶⁶ Par exemple, le wakamé ou la culture en mer sur filières.

A cet égard, depuis le 1^{er} janvier 2022 en application du règlement (UE) 2018/848, pour que des algues cultivées en mer obtiennent le label AB, il faut que l'eau de leur zone de production respecte l'une des deux conditions suivantes :

- présenter un très bon état écologique, tel que défini par la directive 2000/60/CE (directive cadre sur l'eau) ;
- être d'une qualité équivalente à l'eau de zones classées A ou B pour la production conchylicole, au titre du classement sanitaire des masses d'eau.

Or les critères définissant l'état écologique des masses d'eau, intègrent des facteurs (indicateur de température, ou indice de poissons présents dans la masse d'eau) qui n'ont pas été conçus dans l'objectif de labelliser des productions d'algues. Dans ce contexte, les algoculteurs déplorent ne pas avoir de moyens pour agir sur ces critères de classement⁶⁷, qui s'imposent à eux sans s'adapter aux spécificités de leurs productions. En outre, le classement sanitaire des eaux conchylicoles, ne concerne pas la totalité des zones du DPM où sont produites des algues. En conséquence, dans les secteurs où le classement au motif d'activités conchylicoles n'est pas réalisé, ce sont les algoculteurs qui doivent y procéder à leur frais, par des contrôles établissant la qualité des eaux et donc la possibilité de commercialiser les algues.

Sur ce sujet technique, la mission relève que les dispositions réglementaires visant la qualité sanitaire des coquillages, sont adaptées à des organismes qui ont pour caractéristique de filtrer le milieu aquatique où ils se trouvent, au risque d'accumuler dans leurs branchies des micro-organismes toxiques. Or les algues, compte tenu de leur physiologie, sont tout au plus susceptibles d'accumuler ces micro-organismes nocifs à leur surface. Et dans un tel cas, un traitement hygiénisant avant commercialisation, éliminerait vraisemblablement le problème.

Pour remédier à ces difficultés, deux solutions sont envisageables. La première consisterait à obtenir une modification du point 2.2.1 de l'annexe 2 partie III du règlement UE 2018/848, en supprimant pour le classement sanitaire des algues, la référence aux zones de production conchylicoles, et en définissant des critères de classement spécifiques. L'autre solution consisterait en une adaptation du droit national de l'environnement, en ce qui concerne la transcription de la directive 2000/60/CE⁶⁸ ; il faudrait définir là-aussi, des critères spécifiques aux algues.

Par ailleurs, une part importante des algues consommées en France et en Europe provient d'importations, qui bénéficient d'un régime d'équivalence lorsqu'elles se font sous le label AB. La Commission a été sollicitée pour faire évoluer ce régime⁶⁹ vers un régime de conformité, mais l'examen de ce dossier est régulièrement reporté.

Enfin, la production sous label AB impose des contraintes pour les installations à terre qui utilisent des sources de nutriment extérieures. Pour la culture d'algues, seuls peuvent être utilisés des nutriments d'origine végétale ou minérale. Or ce point pose des problèmes techniques pour la production de spiruline. Afin de disposer d'un fertilisant organique d'origine animale répondant mieux aux besoins des spiruliniers, la FSF a déposé en 2017 une demande d'autorisation pour utiliser des

⁶⁷ France Haliotis a perdu son label AB du fait d'une évolution défavorable de l'indice « poisson » de la masse d'eau qui alimente son éclosier.

⁶⁸ L'arrêté du 25 janvier 2010 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface pris en application des articles R.212-10, R212-11 et R212-18 du code de l'environnement définit les méthodes et critères servant à caractériser les différentes classes d'état écologique, d'état chimique et de potentiel écologique des eaux de surface littorales. L'évaluation de l'état des eaux s'appuie sur les données de surveillance, recueillies conformément aux dispositions de l'arrêté du 7 août 2015 modifiant l'arrêté du 25 janvier 2010 établissant le programme de surveillance de l'état des eaux, en application de l'article R212-22 du code de l'environnement.

⁶⁹ Considérant 93 du règlement (UE)2018/848.

intrants azotés provenant de « digestats hygiénisés ⁷⁰ ». Toutefois cette demande n'a toujours pas été traitée par le groupe d'experts chargé de formuler des avis sur les productions biologiques⁷¹.

R4. Au BAQUA et à la DGPE. Compte tenu de l'importance du label AB pour accéder aux marchés, veiller à ce que le régime d'importation des produits bio évolue rapidement en un régime de conformité et non plus d'équivalence. Dans le même esprit, soutenir la demande d'autorisation des intrants organiques issus de digestats hygiénisés.

4.3.2. Les autres enjeux réglementaires

La réglementation relative aux algues alimentaires est particulièrement complexe, comme en témoigne la synthèse réalisée par le CEVA en 2019⁷².

Outre la limitation des espèces d'algues autorisées pour la consommation humaine⁷³, les algues qui sont commercialisées doivent respecter des normes précises en ce qui concerne leur teneur en iode et en métaux lourds. Or si un prétraitement à la chaleur (par exemple, un simple blanchiment) permet de réduire très sensiblement la teneur en iode, il n'en va pas de même pour les métaux lourds.

Il existe par ailleurs des valeurs maximales pour les teneurs en phycotoxines (microcystine des spirulines notamment), qui s'ajoutent aux obligations résultant des dispositions générales en matière d'hygiène alimentaire.

Quant à l'émergence de nouveaux usages alimentaires, la réglementation européenne impose désormais des procédures d'autorisation au titre du règlement dit Novel Food⁷⁴, pour tous les aliments ou ingrédients alimentaires qui n'étaient pas consommés de façon significative avant le 15 mai 1997. Ce sont là des procédures longues et coûteuses, qui peuvent constituer des freins pour une start-up souhaitant promouvoir une production ou un procédé novateurs. Une accélération du traitement de ces dossiers est régulièrement demandée...

La procédure d'autorisation de mise en marché (AMM) nécessaire pour commercialiser des produits à usage agricole tels que les biostimulants animaux et végétaux, ou bien pour commercialiser des produits à visée cosmétique ou pharmaceutique, est également jugée trop longue par les professionnels.

Même si ces procédures découlent de règlements européens et qu'il n'y a donc pas a priori de distorsion de concurrence entre les États membres, certains d'entre eux prennent des normes plus restrictives que celles édictées au niveau européen. La mission a relevé que des critiques s'expriment à ce sujet, sur les travaux menés par l'Anses (agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail), sur la teneur maximale en cadmium des macroalgues ou sur la teneur en micro-cystines des spirulines⁷⁵. Il semble que ces teneurs aient été

⁷⁰ La spiruline n'est pas en capacité de minéraliser la matière organique brute ; celle-ci doit donc subir un prétraitement en méthaniseur, pour être métabolisée par les spirulines. L'étape d'hygiénisation a pour objet de s'assurer que cet intrant organique ne sera pas source de contamination du milieu de culture des spirulines.

⁷¹ Expert group for technical advice on organic production (EGTOP).

⁷² <https://www.ceva-algues.com/wp-content/uploads/2020/03/Reglementation-algues-alimentaires-MAJ-2019.pdf>

⁷³ Il est à noter que les listes sont différentes suivant qu'il s'agit de consommer les algues entières ou sous forme d'extraits à titre de compléments alimentaires.

⁷⁴ Règlement UE 2015/2283. A abrogé le règlement (CE)258/97.

⁷⁵ Pour les micro-cystines l'Anses propose une teneur 40 fois plus faible que celle retenue par l'OMS. Et pour le Cadmium, la teneur proposée conduirait, dit-on, à rendre toutes les algues impropres à la consommation.

proposées sans tenir compte des spécificités de la filière algues, et sans considérer la faible part qu'ont les algues dans l'alimentation des Français...

R5. DGAMPA. Veiller à ce que les réglementations qui ont, de façon directe ou indirecte, un impact sur la filière algues, intègrent les spécificités de celle-ci dès lors qu'elles sont compatibles avec les objectifs de sécurité alimentaire.

Un dernier frein réside dans la difficulté pour les acteurs de cette filière de taille modeste, de procéder à des essais scientifiquement validés portant sur des allégations nutritionnelles. Dans ce domaine, la réglementation européenne⁷⁶ fixe une liste limitative des mentions pouvant figurer sur les emballages et l'ajout d'une nouvelle mention doit faire l'objet d'une procédure lourde, ainsi que de tests dont le coût est difficilement supportable pour une profession en émergence. Sa capacité de communiquer sur ce volet pourtant essentiel, s'en trouve de facto limitée. Ce point, comme toute autre opération de communication, pourrait être pris en charge par une interprofession, dès lors que la filière aurait atteint une taille suffisante pour en permettre la création.

4.4. Faciliter l'installation des algoculteurs

Les acteurs de terrain ainsi que les cadres des services de l'État que la mission a rencontrés, ont fréquemment souligné trois obstacles à l'installation des algoculteurs : l'accès au domaine public maritime, le rejet local des projets, et un manque de soutien pour le montage technique et le financement du projet. De plus, l'impossibilité de s'engager dans certaines productions algocoles potentiellement rentables constitue une difficulté supplémentaire.

4.4.1. Faciliter l'accès au DPM

La production d'algues en mer ou à terre nécessite de se faire octroyer une concession sur le DPM dans le cadre d'une autorisation d'exploitation des cultures marines ; en outre quand la culture se fait à terre, il est fréquent qu'elle nécessite également une prise d'eau de mer, ainsi bien sûr que le droit d'implanter des bâtiments d'exploitations sur le littoral. Les formalités administratives qui en découlent ne présentent pas de complexités particulières⁷⁷ et ne constituent donc pas, par elles-mêmes, des sources de blocage. Par ailleurs les délais d'instruction en France, entre six mois et un an, ne semblent pas excessifs par rapport à ceux des autres pays de l'UE⁷⁸.

Selon les professionnels rencontrés lors de la mission, les difficultés dans l'accès au DPM résultent de l'écoute insuffisante que les algoculteurs trouvent au sein des commissions des cultures marines (CCM) lorsque celles-ci rendent leurs avis, en étant plus attentives aux activités déjà installées localement (l'ostréiculture ou la mytiliculture...) qu'à des activités nouvelles. Sans pouvoir discuter le bien-fondé de ces allégations, la mission relève néanmoins qu'il n'y a pas toujours un algoculteur parmi les représentants des professionnels au sein des CCM, cette situation pouvant gêner l'appréciation technique des dossiers.

⁷⁶ Règlement CE 1924/2006 et règlement CE 432/2012.

⁷⁷ Le dossier de demande d'autorisation est simple : présentation du projet (sous un format comparable à celui d'une étude prévisionnelle demandée pour une installation en agriculture), et obligation de détenir la capacité professionnelle pour s'installer et exploiter, en application de l'article R923-15 du CRPM.

⁷⁸ https://www.seaweedeurope.com/sea_toolkit/country-specific-licensing-processes/

D'une façon plus générale, on peut considérer que la rareté des espaces disponibles sur la frange littorale, justifierait que les pouvoirs publics interviennent pour rechercher les utilisations les plus variées et les plus judicieuses. Ceci pourrait passer par l'établissement de cartographies plus précises que celles annexées aux documents stratégiques de façade (DSF), qui identifieraient des zones favorables au développement de l'algoculture. Le repérage de ces zones potentielles d'activités algocoles, se ferait selon une méthodologie appliquée sur l'ensemble du littoral, et à travers des cahiers des charges discutés localement. Dans ce cadre, les installations, équipements ou bâtiments désaffectés, tels que d'anciens viviers ou d'anciens bassins ostréicoles ou piscicoles, seraient identifiés eux aussi, en vue d'être réaménagés⁷⁹.

Enfin, la mission a souhaité recueillir le sentiment des acteurs qu'elle a rencontrés, sur l'opportunité d'implanter des filières de culture d'algues au sein des champs éoliens en mer. Ce sujet, pour sensible qu'il soit en France, n'en fait pas moins l'objet d'expériences avancées, notamment aux Pays Bas. Certains acteurs français suivent avec attention ces travaux, et concèdent que des cultures d'algues implantées dans les zones d'activité éolienne où les modes de pêche seront nécessairement limités, peuvent fournir des opportunités de reconversion ou de diversification pour les pêcheurs. Compte tenu du développement prévisible des champs éoliens en mer, leur utilisation en co-activité avec de l'algoculture, serait un facteur utile au développement de chacune des deux filières.

R6. Aux préfets coordonnateurs des documents stratégiques de façade. En lien avec les documents de planification spatiale, établir des cartes de localisation potentielle des concessions et infrastructures exploitables pour de l'algoculture. Engager des discussions pour étudier avec toutes les parties concernées, les possibilités d'implanter des activités algocoles sur les champs éoliens.

4.4.2. Améliorer l'acceptabilité sociale des projets d'algoculture

Un autre frein fréquemment évoqué réside d'une façon générale, dans l'acceptabilité sociale de toute nouvelle activité en mer. Des cas concrets montrent des résidents très mobilisés (il est précisé qu'il s'agit souvent de résidents secondaires), contre l'octroi de nouvelles concessions d'exploitation du DPM, ou même contre l'implantation d'activités à terre ou à proximité du rivage. Toutefois, l'acceptation de nouveaux arrivants ne semble pas plus simple au large, où les usagers de la mer et des ports (plaisanciers, pêcheurs professionnels, énergéticiens marins) doivent faire cohabiter leurs interventions dans des contextes quelques fois tendus. L'établissement et l'approbation des cartographies mentionnées plus haut, qui feraient l'objet d'une concertation publique, donneraient l'occasion d'un dialogue fondé sur des données objectives dont l'Etat serait garant, avec l'espoir de réduire les conflits de voisinage et de limiter les recours juridiques.

⁷⁹ L'association « Investir en Finistère » a réalisé un inventaire de ces sites dans le cadre du programme interregAccess2sea. https://geobretagne.fr/mviewer/?config=/pub/qcd/apps/mviewer_acces_mer.xml

4.4.3. Améliorer le montage et le financement des projets

Les dernières difficultés évoquées devant la mission concernent les aides à l'installation et l'accompagnement technique et juridique des porteurs de projet. Dans la pratique, un jeune qui s'installe doit en général obtenir des prêts bancaires, c'est-à-dire convaincre de la viabilité technique et économique de sa démarche, dans un domaine d'activités encore peu familier aux organismes prêteurs. Tous les professionnels rencontrés ont décrit cette recherche de financement comme une réelle difficulté, ayant pu remettre en cause leur projet, au moins momentanément.

Par ailleurs, même si les activités de productions marines sont réputées avoir un caractère agricole en application du code rural et de la pêche maritime, les activités en algoculture ne relèvent pas du régime des aides agricoles, et il n'existe pas de structure technique et politique, comparable aux chambres d'agriculture pour accompagner les futurs installés.

Dans ce contexte, la fédération des spiruliniers de France assure néanmoins un accompagnement pour ses adhérents mais rencontre des difficultés pour faire financer les stages qu'elle leur propose. Le CEVA et l'Institut Agro Rennes-Angers quant à eux, peuvent apporter des soutiens conséquents, mais qui sont alors onéreux, et dans lesquels les porteurs de projet hésitent à investir.

4.4.4. Discuter régulièrement des conditions de culture des espèces allochtones

Un obstacle majeur au développement de l'algoculture, réside finalement dans l'impossibilité de faire correspondre les demandes d'algues exprimées par les marchés, avec les espèces qu'il est techniquement possible ou juridiquement autorisé de produire. Des exemples de ces dilemmes sont nombreux : le nori et la dulse, natives des côtes françaises, sont autorisées à la culture mais on n'en maîtrise pas les conditions de production ; d'autres espèces dont le wakamé, dont on connaît et maîtrise le cycle biologique, sont allochtones et, parce que suspectes d'avoir sur nos côtes un comportement invasif, ne reçoivent pas l'autorisation de mise en exploitation. Dans le contexte écologique et environnemental qui est celui des milieux marins, il n'est pas question de mettre en cause les attitudes de précaution que les pouvoirs publics privilégient. En effet, le littoral étant un milieu ouvert par nature, l'introduction d'une espèce allochtone peut avoir des impacts négatifs qui seront difficiles à observer, puis éventuellement des comportements invasifs qui ne pourraient être ni contrôlés, ni encore moins corrigés sur l'ensemble du secteur envahi. La prolifération peut donc devenir hors de contrôle, sauf à attendre une éventuelle régulation naturelle par le milieu. Toutefois, les régimes juridiques qui répondent à ces situations doivent préserver le développement des activités lorsqu'elles se déroulent sous le contrôle et la maîtrise des professionnels. Ce sera le cas, à priori, de toutes les cultures en bassins, conduites selon des cahiers des charges annexés aux autorisations d'exploiter.

Quant aux algues relevant de la législation sur les espèces exotiques envahissantes (EEE), leur régime juridique doit se fonder sur des données scientifiques régulièrement mises à jour.

Le cas du wakamé est à cet égard illustratif. Les premiers spécimens sont arrivés accidentellement il y a plus de 40 ans et il est possible d'en trouver désormais sur l'estran, notamment dans des zones peu colonisées par d'autres algues. Le génotype qui a été introduit a un comportement opportuniste et s'installe donc en l'absence de concurrence ; pour autant il n'a pas été établi un comportement invasif sur le littoral français, même s'il a été constaté dans d'autres régions du monde. Face à ces

incertitudes, la DREAL de Bretagne⁸⁰ puis la DPMA⁸¹ ont sollicité plusieurs avis et expertises scientifiques sur ce sujet. Le consensus s'établissant⁸² pour ne pas remettre en cause les cultures de wakamé en place mais ne pas en accepter de nouvelles, cette position a fait l'objet d'une transcription juridique par un courrier de la directrice des pêches maritimes et de l'aquaculture, adressé le 8 avril 2013 aux préfets de région et de département des zones littorales⁸³, pour donner des directives dans l'instruction des dossiers individuels de demandes d'exploitation des cultures marines. Par la suite, la DREAL de Bretagne sollicitée par le conseil régional de la conchyliculture, a saisi une nouvelle fois le conseil scientifique régional du patrimoine naturel (CSRPN). Cette nouvelle consultation menée en 2017, a intégré des données de terrain récentes, mais n'a pas amené à remettre en cause les directives adressées aux services instructeurs.

La mission considère que le schéma technique et juridique, adopté dans le cas du wakamé, pourrait être généralisé avec profit à l'ensemble des espèces d'algues allochtones.

Un enjeu pour l'administration consiste en la matière, à répondre clairement aux professionnels quand ils envisagent de mettre en culture de nouvelles espèces. Ils doivent donc pouvoir saisir l'administration, au niveau national ou régional, pour qu'elle organise les consultations scientifiques et techniques lui permettant de fonder sa doctrine générale sur la mise en culture d'une espèce, le cas échéant en faisant application de l'article L411-5-2° du code de l'environnement.

La mise en forme de ces échanges à caractère scientifique et juridique, à travers des groupes de travail informels mais réunis régulièrement, serait une occasion pour les services centraux et territoriaux de l'Etat, de mettre en exergue la volonté ministérielle de développer l'algoculture en France.

R7. À l'attention de la DGAMPA et du BAQUA. Instaurer un dialogue régulier et formalisé avec les professionnels et l'ensemble des parties prenantes, pour donner de la visibilité sur les espèces allochtones susceptibles de recevoir des autorisations d'exploitation des cultures marines. Prendre en charge la mise à jour régulière des données et avis scientifiques sous-jacents. Définir les modalités de contrôle scientifique, du comportement des espèces allochtones après qu'elles aient été mises en culture.

⁸⁰ Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement.

⁸¹ Direction des pêches maritimes et de l'aquaculture.

⁸² Notamment entre la station biologique de Roscoff, l'IFREMER, un rapport CGAAER-CGEDD

⁸³ Voir annexe 14

CONCLUSIONS

Si de nombreux écrits promettent au secteur des algues un développement important et rapide, en cohérence avec les enjeux climatiques, environnementaux et sociétaux auxquels l'humanité doit faire face, il est vraisemblable que l'essentiel de ces réponses relèvera du secteur des biotechnologies marines et concernera principalement les micro-algues.

Il n'en demeure pas moins que le développement de la culture des algues à des fins alimentaires, en particulier par les macro-algues et les spirulines, présente dès à présent un intérêt certain, notamment pour diversifier les régimes et fournir des ressources protéiques alternatives aux protéines animales. L'initiative algue préparée par la Commission européenne, accorde d'ailleurs une place importante à ces enjeux.

Pour prendre part à ces évolutions, la France bénéficie d'atouts indéniables, en ce qui concerne les conditions de culture (qualité des eaux, linéaire de littoral), la qualité et la diversité de ses organismes de recherche et développement (CNRS, CEVA, institut agro Rennes-Angers, nombreuses universités...) ou encore le cadre méthodologique et programmatique mis en place par le plan « aquaculture d'avenir 2021-2027 ».

Dans plusieurs territoires, particulièrement en Bretagne, les pouvoirs publics ont d'ores et déjà réussi à développer une filière à l'échelle intercommunale et régionale, en fédérant producteurs, transformateurs et distributeurs. Ce contexte localement favorable, cohérent avec le rôle que jouent désormais les conseils régionaux dans la gestion et l'animation des programmes européens FEADER et FEAMPA, se traduit sur le terrain par l'augmentation, modeste mais régulière, du nombre d'entreprises produisant des algues. Toutefois, le développement de la filière reste obéré par un certain nombre de freins sur lesquels une intervention de niveau national serait souhaitable.

Le développement de l'algoculture à des fins alimentaires devrait se faire sous deux formes, soit par des productions d'algues directement valorisables avec des étapes de transformation plus ou moins poussées, soit en lien avec des pratiques d'aquaculture multitrophique intégrée, en association avec des élevages marins ou d'autres cultures marines (huîtres, moules, ormeaux, crevettes...). Des modes de production à terre et en bassins, aujourd'hui coûteux et mal maîtrisés techniquement, sont à encourager puisqu'ils permettraient de mieux contrôler les conditions de culture et l'impact sur le milieu naturel.

De même, la possibilité de cultiver des algues au sein des champs éoliens en mer, devrait faire l'objet d'une attention de la part des pouvoirs publics et de l'Etat. Enfin, le potentiel de développement des biotechnologies marines à partir des micro-algues est certain ; des synergies organisées au niveau européen pourraient y concourir.

Signatures des auteurs



Didier KHOLLER



Françoise LAVARDE



Gaëlle CHAIGNEAU

ANNEXES

Annexe 1 : Lettre de mission



Paris, le - 5 NOV. 2021

La ministre de la Mer
Le ministre de l'Agriculture et de l'Alimentation

Monsieur Alain MOULINIER
Vice-Président
Conseil général de
l'alimentation,
de l'agriculture et des espaces
ruraux
251, rue de Vaugirard
75015 Paris

Objet : Mission sur le développement de l'algoculture en France.

Alors qu'elle est souvent présentée comme une filière d'avenir, l'algoculture peine encore à se développer en France. Les potentialités en matière de production d'énergie (biocarburants) mises en lumière dans les années 2000 se sont avérées limitées, et les autres secteurs de destination des algues (alimentation humaine, alimentation animale, thérapeutique, cosmétique, etc.) sont encore émergents.

Les perspectives de valorisation et les opportunités sont nombreuses mais la croissance de la filière semble toujours faire face à des blocages, notamment réglementaires, économiques et technologiques. Dans l'optique de cibler précisément chacun de ces obstacles et d'accompagner le développement de l'algoculture sur l'ensemble du territoire, l'opportunité d'amorcer une réflexion exhaustive autour de la filière se dessine aujourd'hui.

Depuis 2018, l'enquête aquacole réalisée par le Service de la Statistique et de la Prospective permet de recueillir des données précises sur le secteur algicole : nombre et localisation des entreprises productrices, volumes de production, valeur générée, emplois créés, etc. La collecte de ces données complète utilement la bibliographie existante sur l'algoculture, notamment le rapport sur la bioéconomie bleue publié par le CGAAER en juillet 2019. Elle s'inscrit ainsi dans une perspective d'amélioration de la connaissance de la filière, soutenue par l'Union européenne et la France. Cette ambition est d'ailleurs affichée dans le Plan Aquacultures d'Avenir (2021-2027), actuellement en cours de finalisation et qui expose les actions publiques à mettre en place pour favoriser le développement du secteur aquacole. La fiche Action 8 de ce Plan prévoit en effet l'objectif de « Rassembler toutes les données existantes sur l'algoculture, tant en termes biologiques et scientifiques qu'économiques », qui fait du recueil d'informations l'une des clés pour relancer la croissance de la filière.

Nous souhaitons donc confier au CGAAER une mission de réflexion, qui servira de base à un nouvel élan au développement de l'algoculture. Au-delà d'un état des lieux purement descriptif, cette réflexion aura pour objectif d'identifier les difficultés qui entravent aujourd'hui l'augmentation de la production et de proposer des leviers d'action. À partir de l'ensemble des données, rapports, besoins exprimés (par les producteurs en premier lieu) et connaissances recensés, elle viserait à mettre au jour de nouvelles pistes et propositions concrètes pour le développement de la filière.

La mission sera divisée en trois temps de restitution.

Un premier temps sera dédié à l'identification des acteurs qui produisent des données sur la filière à toutes les échelles ainsi qu'à l'examen de la bibliographie existante. Cette étape aura pour objectif de proposer un panorama complet de l'algoculture en France, d'un point de vue scientifique, économique, social, etc.

Un deuxième temps, sous forme d'enquête, amènera le CGAAER à se rapprocher de l'ensemble des acteurs de l'algoculture pour interroger leurs attentes, leurs demandes, les freins qu'ils identifient dans le développement de la filière (obstacles réglementaires, économiques, sociétaux, etc.). Il conviendra notamment d'interroger les référents de l'administration centrale (DPMA, DEB, DGPE, DGAL), France Agri Mer, les algoculteurs, potentiellement les professionnels de l'aquaculture souhaitant se diversifier vers la filière algues, les représentants professionnels (France Micro Algues, la fédération des spiruliniers de France, la chambre syndicale des algues et végétaux marins, le CNC et le CNPMM, les financeurs, les instituts, universités et centres techniques (le centre d'étude et de valorisation des algues, la station biologique de Roscoff, les centres techniques régionaux, etc). Par le biais d'une approche bottom-up, cette étape aura pour objectif de faire remonter les besoins des acteurs concernés et de s'appuyer sur leur expérience pour cibler de manière précise et partagée l'ensemble des blocages à la croissance de la production algicole.

Un troisième temps sera destiné à faire émerger des propositions opérationnelles pour lever ces blocages et produire une nouvelle impulsion pour la filière. Ces propositions pourront notamment avoir trait à l'efficacité des procédures administratives, aux modes de productions, au positionnement commercial, aux enjeux d'innovation ou à la pertinence de l'appui par les pouvoirs publics nationaux (centraux et/ou décentralisés) ou européens à la filière.

Ce troisième temps fera l'objet d'un rapport à remettre au plus tard en juin 2022.

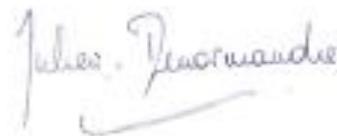
La réflexion menée par le CGAAER concernera l'ensemble de la filière : les micro-algues, les macro-algues et la spiruline. Elle sera concentrée à la fois sur les espèces actuellement cultivées en France et sur les potentialités de culture de nouvelles espèces (autochtones et exotiques). Elle pourra aborder l'ensemble des perspectives de valorisation des algues, existantes et éventuelles. Elle veillera à prendre en compte les impératifs environnementaux, indispensables à un développement responsable de la filière.

Ensuite, dans le cadre du Plan Aquacultures d'Avenir, le bureau de l'aquaculture de la DPMA élaborera une feuille de route interne dont la mission du CGAAER serait le point de départ et qui se poursuivra par la mise en place d'un groupe de travail (GT) ciblé sur les algues. Ce GT associerait notamment la DPMA (aspects réglementaires, animation), les Régions (financement projets, innovation, structuration de filières locales, via le FEAMPA), les représentants des professionnels et les centres techniques et de recherche. Il aurait pour but d'envisager la mise en œuvre des solutions proposées par le CGAAER.

La réalisation de cette mission par le CGAAER devra permettre la consolidation et le renforcement d'une filière algicole française solide et innovante. Cette ambition forte implique la concrétisation des pistes dessinées dans l'étude, mais également la capacité à générer de nouvelles dynamiques précieuses pour l'économie, l'emploi et les territoires notamment au moment où se met en place la nouvelle programmation du fonds européen dédié aux affaires maritimes, à la pêche et à l'aquaculture.



Annick GIRARDIN



Julien DENORMANDIE

Annexe 2 : Note de cadrage

1-Contexte et motivation

Le Ministre de l'Agriculture et de l'Alimentation et la Ministre de la Mer, ont confié au Conseil Général de l'Alimentation, de l'Agriculture et des Espaces Ruraux (CGAAER) par un courrier du 5 novembre 2021, une mission sur le développement de l'algoculture en France. Par des décisions du vice-président du CGAAER, du 26 novembre 2021 et du 27 janvier 2022, Mme Françoise Lavarde, ingénieure générale des ponts, des eaux et des forêts puis Mr Didier Kholler, inspecteur général de l'agriculture, ont été désignés pour mener cette mission. Parallèlement, l'inspecteur général des affaires maritimes (IGAM) a désigné, par lettre du 1^{er} décembre 2021, Mme Gaëlle Chaigneau, administratrice en chef des affaires maritimes, pour participer à la mission au titre de l'IGAM.

2-Rappel de la commande

Bien que les perspectives de développement d'une filière d'algoculture soient nombreuses et parfois déjà anciennes, sa croissance fait toujours face à des blocages, qui sont à la fois réglementaires, économiques et technologiques. Il a donc été confié au CGAAER, appuyé par l'IGAM, une mission de réflexion visant à identifier les données et la bibliographie existantes afin de dresser un panorama de l'algoculture en France, des points de vue scientifique, économique et social. La mission doit également, par une série de contacts auprès des acteurs professionnels du secteur, rendre compte des obstacles qu'ils rencontrent et recueillir leurs attentes. Enfin, des propositions opérationnelles sont attendues, pour lever les difficultés et produire une nouvelle impulsion pour la filière, notamment par des appuis apportés par les différents niveaux d'intervention des pouvoirs publics, territoriaux, national et européen.

Ces propositions, notamment celles qui viseront à améliorer la connaissance des pratiques en regroupant les données biologiques, scientifiques et économiques existantes, pourront être valorisées dans le cadre du plan « Aquacultures d'Avenir » en cours d'élaboration à la DPMA et alimenteraient la contribution française à l'initiative Algues de la Commission européenne.

3- Reformulation de la problématique

A la suite des premiers échanges qu'elle a menés, en particulier avec les services centraux et territoriaux du ministère de la mer et plusieurs acteurs des filières, la mission ne peut que confirmer que les potentialités de valorisation des algues identifiées depuis le début des années 2000 et rappelées dans la lettre de mission, recouvrent des domaines particulièrement divers et contiennent encore aujourd'hui de nombreuses incertitudes, en particulier en termes scientifiques et économiques.

L'étendue du domaine trouve son origine dans la terminologie elle-même. Le terme "algue" regroupe en effet des organismes se développant en milieux aqueux (eaux douces, eaux saumâtres ou eaux salées), appartenant à des phylums évolutifs très différents, mais qui ont

en commun d'être photosynthétiques. Certains de ces organismes sont unicellulaires et de petite taille, comme les cyanobactéries⁸⁴ ou les micro-algues⁸⁵, à l'inverse les macro-algues, organismes pluricellulaires, peuvent atteindre des dimensions allant de 30 cm à 10 mètres ou plus⁸⁶. L'étude de ces organismes a mis en évidence leurs capacités à synthétiser de nombreuses molécules, présentant un intérêt, potentiel ou avéré, dans des domaines particulièrement variés dont on ne saurait faire un inventaire exhaustif : l'agriculture (comme fertilisants ou biostimulants), la chimie verte ou les biocarburants (comme substitut aux produits pétroliers), la cosmétique, la pharmaceutique, la nutraceutique⁸⁷...

En première analyse la mission constate que l'algoculture se compose de trois filières :

- Les macro-algues, généralement cultivées en pleine mer, destinées principalement à l'alimentation humaine et commercialisées en circuit court ou spécialisés (magasin bio) ;
- Les spirulines, produites en bassins ouverts à terre, plutôt selon une logique dite « paysanne », et commercialisées en direct ou en circuit court ;
- Les micro-algues, produites en photobioréacteurs, destinées à la production de molécules à haute valeur ajoutée (biostimulants pour l'agriculture, cosmétique, nutraceutique, énergie...).

Les constats et analyses que la mission fera sur ces trois filières concerneront l'état des connaissances et des pratiques de production, en soulignant les travaux qui sont menés dans le domaine de la recherche et du développement. Les dynamiques de marché qui apparaissent désormais, notamment du côté de la demande ou bien du côté de l'offre du fait de projets d'installation de nouveaux producteurs de macro-algues seront également observées. Il faudra cependant vérifier comment ces signes encourageants, encore fragiles et peu ordonnés, peuvent se stabiliser pour structurer les pratiques de production et de commercialisation.

Par ailleurs, un point d'analyse concernera la représentation des intérêts professionnels des producteurs d'algues, en appréciant si ces intérêts doivent relever de nouveaux organismes et de nouvelles instances ou s'ils doivent s'intégrer à des représentations sectorielles déjà en place

Outre ces fragilités d'ordre économique (coût du développement des process, financement des unités de production, difficultés d'accès aux subventions) ou d'ordre technique, la mission prévoit de relever les obstacles d'ordre juridique et réglementaire dont pâtissent les professionnels ; sont cités à ce titre les difficultés pour accéder au domaine public maritime (DPM), le respect de la réglementation environnementale ou de façon plus générale le contexte de risque de contentieux sur certaines autorisations administratives liés aux problématiques d'acceptabilité sociétales. Enfin, les caractéristiques des milieux marins où

84 Bien qu'étant des bactéries, ces organismes sont classiquement considérés comme des algues.

85 Désignées également comme des "algues microscopiques", elles vivent plutôt en eau douce et composent le phytoplancton. Leur taille, microscopique, varie selon les espèces de quelques unités à quelques centaines de micromètres (µm). Source : "aquaculture.ifremer.fr".

86 Ces organismes multicellulaires se développent en général dans des eaux peu profondes et sont fixés par leurs crampons à des substrats rocheux. Source : "guidesdesespeces.org".

87 Terme né de la contraction entre "nutrition" et "pharmaceutique" ; il s'apparente à celui de "compléments alimentaires".

s'implantent fréquemment les cultures de macro-algues, sont mal connues. Les logiques purement techniques ou commerciales, qui consisteraient à développer telle production plutôt qu'une autre, peuvent donc être contrecarrées par des contraintes liées à la protection du milieu ou de la biodiversité⁸⁸.

4 - Objet et périmètre de la mission, exclusions notoires

La mission se propose d'étudier de façon parallèle chacune des trois filières d'algoculture que sont les macro-algues, les micro-algues et la spiruline ; celles-ci seront étudiées sur l'ensemble du territoire métropolitain.

A l'inverse, le peu de données disponibles pour les départements et régions d'outre-mer (DROM), ainsi que les spécificités de leurs milieux marins et de leurs contextes économiques rendent difficile d'inclure les DROM dans le périmètre de la présente démarche.

Sur le domaine d'activité que la mission doit traiter, il est pris note que la notion de "culture d'algues", parfois dénommée phyco-culture, renvoie à une mise en production organisée par l'homme. Toutefois les personnes missionnées prévoient de prendre en compte dans leurs réflexions la récolte et la collecte des macro-algues en mer que ce soit sur le rivage ou juste avant leur échouage. En effet l'utilisation des algues sauvages après récolte en rives ou en mer, constitue aujourd'hui en France la principale forme de valorisation des algues, tant pour l'alimentation humaine que pour l'industrie chimique.

Quant à l'objectif d'exhaustivité de son intervention, la mission relève que les acteurs recensés aujourd'hui par l'enquête "aquaculture" réalisée par le service de la statistique et de la prospective (SSP) du ministère de l'agriculture, sont assez peu nombreux, excepté pour ce qui concerne les producteurs de spiruline ; toutefois ceux-ci semblent adhérer dans leur grande majorité, à la Fédération des spiruliniers de France (FSF). Dans ces conditions, plutôt que de mener par elle-même un travail de repérage systématique des opérateurs, qui irait au-delà de ceux réalisées par des organismes spécialisés tels que le SSP ou les groupements professionnels, la mission se propose de porter un regard critique sur les sources de données disponibles.

Quant au périmètre économique de la mission, la lettre de commande des ministres met l'accent sur les conditions de production à l'amont de la filière. La mission devra cependant observer les conditions du marché à l'aval et hors de France, et expertiser les conditions d'accès à la labellisation AB. Il sera en effet utile d'apprécier, avec le plus possible de réalisme, l'état de la concurrence via les importations d'algues, ainsi que dans les domaines de la chimie et de l'énergie, l'avantage dont disposent aujourd'hui et à moyen ou long termes les produits pétrosourcés.

⁸⁸ la culture d'*Undaria pinatifida* est maîtrisée à grande échelle et répond en outre à une forte demande du marché Son implantation est cependant strictement limitée, en raison d'un risque éventuel de prolifération et des conséquences qui en découleraient pour le milieu.

Enfin la mission se réserve la possibilité d'évoquer des pratiques qui sont aujourd'hui expérimentales ou confidentielles en France. Ce sera le cas notamment des démarches d'aquaculture multitrophique intégrée (AMTI), déjà largement présentes chez les pays producteurs d'Asie, mais naissantes dans l'hexagone.

5 -Documentation disponible

La documentation disponible est abondante, notamment celle produite dans le cadre de programmes de recherche financés sur crédits européens ou nationaux (en particulier dans le cadre des pôles de compétitivité). Les résultats obtenus dans ce cadre ont déjà permis d'identifier un certain nombre de freins et de risques, mais aussi de leviers et d'atouts.

Par ailleurs l'ADEME a produit en juillet 2014 une évaluation du gisement de ressources algales pour l'énergie et la chimie à horizon de 2030. Ce document présente les modes de production utilisés en France et dans le monde, soit en tant que technologies matures, soit à titre d'expérimentations ou de développement.

En termes de recensement des acteurs, le service de la statistique et de la prospective du MAA, réalise désormais depuis 2018 une enquête annuelle sur l'aquaculture. Il publiera en avril 2022 une analyse économique du secteur en quatre pages.

Les études du CGAAER (mission n°11169 et n°18126) et la récente publication de France AgriMer sur l'évaluation des ressources disponibles en biomasse aquatique en France, seront également consultées et valorisées par la mission.

6 - Démarche et phasage ; jalons

La mission mènera un travail de consultation et d'analyse des documents existants, et réalisera sur cette base une description (état des lieux des acteurs et des informations disponibles) de chacune des filières couvertes par l'étude. Dès lors que ces domaines d'informations présenteraient un intérêt suffisamment général, elle proposerait d'en accroître la connaissance par des interventions publiques.

Ces descriptions par filières seront complétées par des échanges avec les acteurs, qui permettront d'identifier les réponses à apporter aux attentes opérationnelles.

A cet égard, la mission a déjà pris l'attache de différents acteurs (directions d'administration centrale, services territoriaux de l'Etat, centres de recherche, associations professionnelles, ...) et rencontré plusieurs d'entre eux. Toutefois le faible nombre des producteurs identifiés et la diversité de leurs pratiques ne faciliteront pas une vision complète et synthétique. Des contacts individuels seront donc envisagés, en diversifiant autant qu'il sera possible les types et les modes de production, les localisations géographiques et les positionnements commerciaux.

Un déplacement de deux ou trois jours sur le terrain sera vraisemblablement nécessaire.

Sur la base des analyses, des propositions seront formulées dans le sens du développement des filières. Seront particulièrement traités :

- la pertinence des systèmes actuels de suivi et de connaissances des filières ;
- les principaux "chantiers à ouvrir" par les pouvoirs publics, pour lever les principales incertitudes scientifiques et techniques ;
- la pertinence des pratiques en place, pour permettre la représentation des professionnels et l'expression des besoins de la filière ;
- la place et le rôle que doit tenir l'Europe, notamment en termes d'usages nouveaux à forte composante scientifique et industrielle.

7 -Parties prenantes à rencontrer

Les acteurs identifiés à ce stade sont l'institut Agro, le CEA, l'ADEME, AgroParis Tech, la station biologique de Roscoff⁸⁹, le centre d'étude et de valorisation des algues (CEVA), la fédération des spiruliniers de France, un ou plusieurs comité régional des pêches maritimes et des élevages marins (CRPMEM) en particulier celui de Bretagne, la plate-forme de recherche AlgoSolis, la chambre syndicale des végétaux marins, des producteurs, des transformateurs...

Des premiers contacts ont été pris avec la plupart d'entre eux.

8 - Livrables et calendrier d'exécution

Le rapport de la mission sera remis en juin 2022, en limitant dans la mesure du possible les mentions et contenus à caractère confidentiel qui en restreindraient l'utilisation.

Les ministres commanditaires décideront de l'opportunité et des modalités d'une éventuelle diffusion.

⁸⁹ Il s'agit d'un centre de recherche et d'enseignement en biologie et écologie, relevant du CNRS et de Sorbonne université.

Annexe 3 : Liste des personnes rencontrées

Nom Prénom	Organisme	Fonction	Date de rencontre
TUDAL Elsa	DGAMPA/ BAQUA	Cheffe du bureau	13/01/2022
SCHWARTZ Soizic	DGAMPA/ BAQUA	Chargée de mission algoculture	13/01/2022
			24/01/2022
POTIN Philippe	CNRS, Station biologique de Roscoff	Directeur de recherche	20/01/2022
PRUDHOMME Jehane	CRPMEM Bretagne	Chargée de mission réglementation	31/01/2022
Le NY Valentin	CRPMEM Bretagne	Chargé de mission label AB	31/01/2022
BERTOOU André	CRPMEM Bretagne	Président du GT récoltant d'algues en rives	31/01/2022
LAN Annaïg	AgroParisTech	Maitre de Conférences, INRAe-AgroParisTech-	31/01/2022
DELORME Anaël	MAA/CEP/SSP	Responsable enquête aquaculture	03/02/2022
JAOUEN Pascal	Université de Nantes ALGOSOLiS	Plateforme Algosolis	
SASSI Jean-François	CEA	Group Manager – MicroAlgae Processes	04/02/2022
		CEA Tech Région Sud	
LESUEUR Marie	Institut Agro Rennes-Angers	Directrice adjointe du pôle halieutique mer et littoral	15/02/2022
SPPINEC Florent	Institut Agro Rennes-Angers	Ingénieur d'études Aquaculture et Pêche	15/02/2022
LAINE Armelle	Institut Agro Rennes-Angers	Ingénieure d'étude	15/02/2022

Nom Prénom	Organisme	Fonction	Date de rencontre
PEDRON Stéphanie	CEVA	Directrice	28/02/2022
PINCHARD Pierre-Etienne	Fédération des spiruliniers de France (FSF)	Vice président	01/03/2022
LERUSTE CALPENA Amandine	FSF	Chargée de recherche et développement	01/03/2022
LIEBAUT Vincent	FSF	Membre du bureau	01/03/2022
BAUDET Hugo	FSF	Membre du bureau	01/03/2022
MOIGNE Jean-Yves	JYMSEA	Directeur	03/03./2022
PAILLOU Alain	DDTM/DML 29	Chef de l'Unité Cultures Marines	04/03/2022
COURTOIS Henri	Algues Service	Gérant fondateur	04/03/2022
RAS Monique	BSCM	Directrice	07/03/2022
PELLETIER Caroline	Cluster maritime du pays de Brest	Chargée de projet cluster algues	14/03/2022
LEGORGUS Philippe	Algolesko	Président	14/03/2022
SERRAZ Thimothé	Algolesko	Directeur général	14/03/2022
TRAN Monique	FranceAgriMer	Déleguée filière aquaculture	31/03/2022
ELKHAMLICHI Aicha	ADEME	Coordinateur technique produits biosourcés et biocarburants	04/04/2022
PIEN Sébastien	SMEL	Responsable environnement	04/04/2022
BRIQUET Eléonore	SMEL	Chargée du développement de la filière algue en Normandie	04/04/2022
RICHARD Florence	DDTM/DML 14	Directrice adjointe, Déléguée Mer et Littoral,	06/04/2022
LANNUZEL Annie	DDTM/DML 14	Responsable du service maritime et littoral	06/04/2022

Nom Prénom	Organisme	Fonction	Date de rencontre
WALLAERT Jean-Baptiste	Chambre syndicale des algues et végétaux marins	Président	08/04/2022
CADORET Jean-Paul	European Algae Biomass Association	Président	08/04/2022
LAVIELLE Philippe	Fermentalg	Président	26/04/2022
ROYAL Nicolas	Arvorig Solution	Directeur, fondateur	14/04/2022
FAURE Frédéric	Algaia	Directeur général, co-fondateur	24/05/2022
HUCHETTE Sylvain	France Haliothys	Président	24/05/2022
LESTANG Danielle	Agence régionale de développement Occitanie	Chargée de mission innovation et filières	13/05/2022
REZZOUK Emmanuel	UMR MARBEC	Chargée de mission innovation	13/05/2022
FOUILLAND Eric	UMR MARBEC	Chargé de mission innovation	13/05/2022
NETTER Sarah	SGAR Occitanie	Chargée de mission Mer/littoral	13/05/2022
GANDOLFO Robert	Pôle Mer Méditerranée	Membre d'Algo réseau	13/05/2022
DUPONT-MORRAL Isabelle	Région Normandie	Directrice Service Pêche et ressources marines	31/05/2022
COUESPEL Alexandre	Région Normandie	Chargé de mission aquaculture	31/05/2022
SELAM David	DIRM MEMN	Chef de la mission territoriale de Caen	31/05/2022
SENET David	MASA/DGPE	Chef du bureau de l'emploi et de l'innovation	01/06/2022
LE GALL. Philippe	Comité national de la conchyliculture	Président Président CRC Bretagne sud	20/06/2022
PEROT CAMUS Christel	Comité national de la conchyliculture	Directrice générale	20/06/2022

Nom Prénom	Organisme	Fonction	Date de rencontre
PONCHY POMMERET Charles-Louis	Comité national de la conchyliculture	Responsable des affaires juridiques	20/06/2022
FAURE Guillaume	MTECT/ DGALN/DEB/ET4	Adjoint au chef du bureau de l'encadrement des impacts sur la biodiversité	22/06/2022
LEGOUPIL Thomas	MTECT/ DGALN/DEB/ET4	Chef de projet APA	22/06/2022
FOUCHER Jeanne	MTECT/ DGALN/DEB/ET4	Chargée de projet protocole de Nagoya	22/06/2022
HALL Jean-Luc	CNPMEM	Directeur général	28 juin 2022
CHAMBONNEAU Agathe	CNPMEM	Juriste	28 juin 2022
ALBERT Arnaud	Office français de la biodiversité (OFB)	Chargé de recherche Espèces exotiques envahissantes / Réfèrent national Plantes exotiques envahissantes	01/07/2022
MASSE Cécile	OFB	Spécialiste EEE en milieu marin	01/07/2022
JABOUIN Coraline	OFB	Spécialiste EEE en milieu marin	01/07/2022

Annexe 4 : Liste des sigles utilisés

AB	Agriculture biologique (Label AB)
ADEME	Agence de la transition écologique
ADEUPa	Agence urbanisme Brest- Bretagne
AMTI	Aquaculture multi-trophique intégrée
ANR	Agence nationale de la Recherche
ANSES	Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail
APA	Accès aux ressources génétiques en vue de leur utilisation et partage des avantages en découlant
BAQUA	Bureau de l'aquaculture
B4C	Bioeconomy for change (pôle de compétitivité anciennement IAR)
CCM	Commission des cultures marines
CASDAR	Compte d'affectation spécial développement agricole et rural
CEA	Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives
CEVA	Centre d'études et de valorisation des algues
CIPA	Comité interprofessionnel des produits de l'aquaculture
CNC	Comité national de la conchyliculture
CNPMEM	Comité national des pêches maritimes et des élevages marins
CNRS	Centre national de la recherche scientifique
CPO	Contribution professionnelle obligatoire
CRC	Comité régional de la conchyliculture
CRPM	Code rural et de la pêche maritime
CRPMEM	Comité régional des pêches maritimes et des élevages marins
CSAVM	Chambre syndicale des algues et des végétaux marins
CSHPF	Conseil supérieur d'hygiène public de France
DDTM	Direction départementales des territoires et de la mer
DGCCRF	Direction générale de la consommation, de la concurrence et de la répression des fraudes
DG-MARE	Direction générale de la Mer

DIRM	Direction interrégionale de la mer
DGEAMPA	Direction générale des affaires maritimes, de la pêche et de l'aquaculture
DML	Délégation à la mer au littoral
DPM	Domaine public maritime
EABA	European algae biomass association
EEE	Espèce exotique envahissante
EPCI	Établissement public de coopération intercommunale
ETP	Équivalent temps plein
FAM	FranceAgriMer
FAO	Food and Agriculture Organization
FEAMPA	Fonds européen pour les affaires maritimes, la pêche et l'aquaculture
FEADER	Fonds européen pour le développement agricole et rural
FSF	Fédération des spiruliniers de France
GEPEA	Génie des procédés, environnement, agro-alimentaire
CGAAER	Conseil général de l'agriculture, de l'alimentation et des espaces ruraux
CGEDD	Conseil général de l'environnement et des espaces ruraux
GEPEA	Génie des procédés, environnement, agro-alimentaire
GMS	Grandes et moyennes surfaces
IAA	Industries agro-alimentaires
IFREMER	Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer
IGAM	Inspection générale des affaires maritimes
INAO	Institut national des appellations d'origine
INRAE	Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement
INRIA	Institut national de recherche en informatique et en automatique
ITAVI	Institut technique de l'aviculture
IUEM	Institut universitaire européen de la mer
MASA	Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire
MESR	Ministère de l'Enseignement supérieur et la Recherche
MNHN	Museum national d'histoire naturelle
MTECT	Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des Territoires
OFB	Office français de la biodiversité

PIA	Programme d'investissement d'avenir
PMBA	Pôle mer Bretagne atlantique
PMM	Pôle mer Méditerranée
PNMI	Parc naturel marin d'Iroise
R&D	Recherche et développement
SBR	Station biologique de Roscoff
SMEL	Synergie mer et littoral
SSP	Service statistique et prospective
SRADDET	Schéma régional de développement durable et d'aménagement des territoires
TPE	Très petites entreprises
TRL	Technological readiness level
UBO	Université de Bretagne occidentale
UBS	Université de Bretagne sud
UE	Union européenne

Annexe 5 : Liste des textes de références

Plan aquaculture d'avenir 2021-2027, plan stratégique national pour l'aquaculture durable, Ministère de la transition écologique, Ministère de la Mer, Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, régions de France, CNC, CIPA.

CRPM notamment ses articles L311-1, L911-1, L912-1 et L912-6.

Certification agriculture biologique

Règlement (UE) n°2016/673, modifiant l'article 6bis du règlement 889/2008 et classant les spirulines dans les algues

Règlement (UE) n°2018/848 du Parlement européen et du Conseil du 30 mai 2018 relatif à la production biologique et à l'étiquetage des produits biologiques, et abrogeant le règlement (CE) no 834/2007 du Conseil, notamment son Annexe 2Partie III: Règles applicables à la production d'algues et d'animaux d'aquaculture.

Règlement d'exécutions (UE) n°2021/1165, notamment son article 24 (limitant les fertilisants organiques utilisés)

Protocole de Nagoya.

Règlement 511/2014 du Parlement européen et du conseil du 16 avril 2014 relatif aux mesures concernant le respect par les utilisateurs dans l'Union du protocole de Nagoya sur l'accès aux ressources génétiques et le partage juste et équitable des avantages découlant de leur utilisation.

Règlement d'exécution n°2015/1866 de la Commission du 13 octobre 2015 portant modalités d'application du règlement (UE) n°514/2014 du Parlement européen et du Conseil en ce qui concerne le registre des collections, la surveillance du respect des règles par l'utilisateur et les bonnes pratiques.

Document d'orientation de 2021 de la DGALN/DEB sur le champ d'application et les obligations essentielles du règlement n°511/2014

Loi n° 2016-10847 du 8 août 2016 pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages, notamment son titre V (relatif à la ratification du protocole de Nagoya) et les textes réglementaires d'application Décret n° 2017-848 du 9 mai 2017, arrêté du 13 septembre 2017

fixant le contrat type de partage des avantages et arrêté du 8 novembre 2017 relatif aux formulaires de déclaration et d'autorisation.2

Espèces exotiques et envahissantes

Règlement (CE) n°708/2007 du conseil, relatif à l'utilisation en aquaculture des espèces exotiques et des espèces localement absentes

Règlement (UE) n°1143 :20144 du Parlement européen et du Conseil du 22 octobre 2014 sur la prévention et la gestion de l'introduction et de la propagation des espèces exotiques envahissantes.

Code de l'environnement notamment ses articles L.411-5 et L.411-6

Plan d'action espèces envahissantes lancé par le MTECT en 2022 (<https://www.ecologie.gouv.fr/lancement-du-plan-daction-prevenir-lintroduction-et-propagation-des-especes-exotiques-envahissantes>)

Annexe 6 : Bibliographie

ADEME ; Évaluation du gisement potentiel de ressources algales pour l'énergie et la chimie en France à l'horizon 2030. Etude réalisée pour le compte de l'ADEME par ENEA Consulting et INRIA. Juillet 2014

ADEUPa, Poids socio-économique de la filière algues en Pays de Brest, Rapport d'étude, juin 2021

Agreste ; Enquête aquaculture. Chiffres&Données. Novembre 2020 N°16.

Agreste ; Culture d'algues et de cyanobactéries 2020. Primeur. Juillet 2022 n°7.

AgroCampus Ouest ; Étude de la consommation des algues alimentaires ne France. Etude Nationale. IDEALG phase 1., 2014.

Agrocampus Ouest ; L'algoculture : étude sur le métier, les savoirs, les compétences et la formation. Le développement des savoirs et des compétences, conditions pour le développement du champ professionnel de l'algoculture. A. Laine-Penel, P. Mayen, F. Spinec., 2016.

Bruno Le Bizec, Fabrice Nesslany, Karine Tack, Claude Atgie, Pierre Marie Badot, et al. Avis de l'Anses relatif à la teneur maximale en cadmium pour les algues destinées à l'alimentation humaine. [Autre] Saisine n° 2017-SA-0070, 2020, pp.61.

CEVA, Macro-algues et micro-algues alimentaire, synthèse réglementaire en France et en Europe, , 2019

CEVA ; La place des algues dans l'industrie agroalimentaire aujourd'hui. Helène Marfaing, 30/10/2019.

CEVA ; Les macroalgues ; enjeux et perspectives., intervention séminaire IAR biomasse marine, juin 2020

Commission européenne ; The Blue Economy Report 2021,

CORLER Julie, 2018, L'environnement juridique des élevages marins, master 2 de droit des activités maritimes, Université de Bretagne Occidentale.

CRPMEM de Bretagne, Rapport de synthèse du programme biomasse algues : évaluation et gestion de la biomasse exploitable en algues de rive, janvier 2020, version finale, 67 p.

Doumeizel V. ; La révolution des algues., Équateur, décembre 2021

EABA ; What are algae ?. Position paper. june 2019.

Food and agriculture Organization of the United Nations ; Seaweeds and microalgae : an overview for unlocking their potential in global aquaculture development ;, NFIA/CI229. 2021.

Foucard P, Lerustre-calpena A., corat A., Tocqueville A ; La production de spiruline « paysanne » en France : caractérisation des procédés, qualité des produits, reconnaissance et formation. Innovations agronomiques 82 (2021), 397-410.

FranceAgriMer ; La bioéconomie bleue en France métropolitaine. Evaluation des ressources en biomasse aquatique disponibles en France-coproduits et sous-produits. Etude. 202

IPEMED ; Le secteur des micro-algues en Méditerranée. Perspectives et contribution au développement durable. J.L Rastoin, étude coordonnée par K. Robin, Institut de prospective économique du monde méditerranéen, 2016.

Potin Ph., Acquis et promesses de la biodiversité algale pour l'alimentation. Accadémie d'Agriculture de France, fiche question 03.09.Q06, avril 2021.

Projet Integrate (Integrated Aquaculture, an eco-innovative solution to foster sustainability in the Atlantic Area), programme INTERREG, <http://integrate-imta.eu/>

Projet IDEALG ; La filière des algues en France - Évolution et poids économique, Synthèse des résultats, 2017

Projet POLISTR. Rapports techniques finaux lots1,2,3,4,5. Mai 2022.

Sun institut ; Hidden champion of the ocean. Seaweed as a growth engine for a sustainable European future. Septembre 2017

TUDAL Elsa, Mise à jour du cours sur la réglementation nationale de l'aquaculture, EAAM 2016

Rapport CGAAER/CGEDD ; Expertise du projet de filière d'algoculture alimentaire en Bretagne. Balay L.P, Dargnies G ; Femenias A., Juillet 2012

Annexe 7 : La culture des macro-algues

Les macro-algues, désignent les grandes algues et algues géantes. Elles se fixent au fond de l'eau grâce à leurs crampons et se développent surtout dans les eaux peu profondes du plateau continental. Dans les mers chaudes, les algues mesurent rarement plus de 30 cm, alors que celles des mers plus froides mesurent entre 1 et 10 mètres voire plus. Les plus grandes étant les macrocystis (algues brunes) qui peuvent atteindre une quarantaine de mètres.

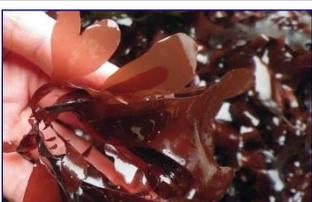
Parmi les 10 500 espèces de macro-algues marines connues, 220 sont cultivées, 6 genres fournissent 95 % de la production mais seules 24 espèces sont aujourd'hui utilisées dans l'alimentation humaine en France (Figure 7) :

- Les algues brunes (phéophycées) telles le goémon noir (*Ascophyllum nodosum*), le wakamé (*Undaria pinnatifida*), le kombu royal (*Saccharina latissima*) ou le kombu breton (*Laminaria digitata*) ;
- Les algues rouges (rhodophycées) telles la dulse (*Palmaria palmata*), le nori (*Porphyra spp.*) ;
- Les algues vertes (chlorophycées) telles la laitue de mer (*Ulva spp.*)

Des algues brunes :

		
Wakamé ou fougère de mer <i>Undaria pinnatifida</i>	haricot de mer ou spaghetti de mer <i>Himanthalia elongata</i>	kombu royal ou baudrier de Neptune <i>Saccharina latissima</i>

Des algues rouges et vertes

		
---	---	--

nori <i>Porphyra et Pyropia spp.</i>	dulse ou goémon à vache <i>Palmaria palmata</i>	laitue de mer <i>Ulva spp.</i>
--	--	--

Source : photographies tirées du guide des espèces, publié par Ethic Ocean.

<https://www.guidedesespeces.org/fr/algues>

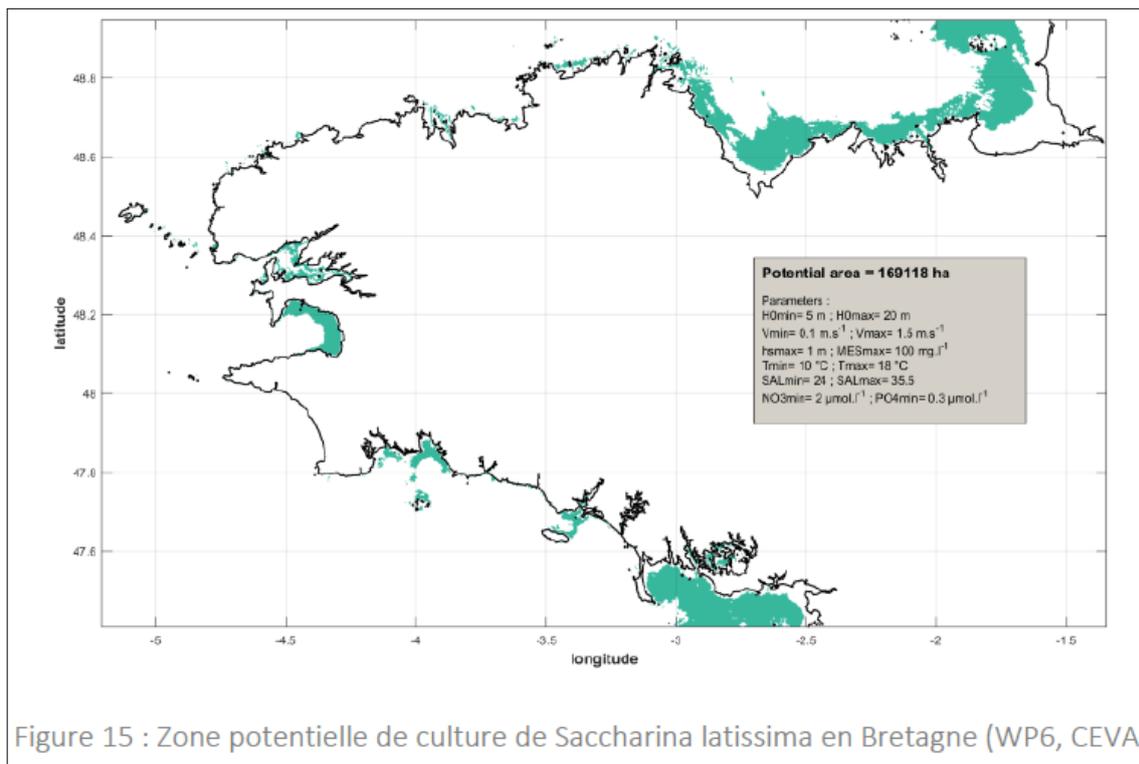
1 - La culture des macro-algues en France : conditions d'exploitation, données de production et typologie des entreprises

Les espèces de macro-algues dominent la zone intertidale sur la plupart des côtes rocheuses tempérées et arctiques selon une répartition géographique qui est fonction des conditions de l'environnement, notamment la profondeur.

Le littoral breton constitue ainsi l'un des plus grands champs d'algues sauvages d'Europe. 2 730 km de côtes, des températures stables de l'eau oscillant entre 8 et 18°C, des côtes rocheuses idéales faiblement immergées pour que les algues s'y cramponnent et un fort marnage générateur de diversité par un brassage des nutriments et une alternance naturelle entre haute et basse mer.

Le rapport d'IDEALG met en avant la possibilité de cultiver les algues dans des zones appropriées. (Figure 1).

Figure 1



Données de production en volume et valeur

La maîtrise et la gestion du cycle entier de cultures de l'écloserie à la première transformation de stabilisation, font appel à des qualifications pointues.

Plus de 2/3 des dirigeants des entreprises d'algoculture (macro, micro-algues et spiruline) ont une qualification équivalente ou supérieure à un bac +2 et parmi ces derniers (156 dirigeants), soit plus de 60 %, ont un diplôme équivalent ou supérieur à une Licence⁹⁰ ainsi que des qualifications de marins dès lors qu'il s'agit de cultures en mer.

Bien que la France possède savoir-faire et maîtrise de techniques de culture de plusieurs espèces de macro-algues :

- les algues brunes : *Saccharina latissima* ou kombu royal, *Alaria esculenta* ou atlantic wakamé, *Undaria pinnatifida* ou wakamé ;
- les algues rouges : *Palmaria palmata* ou dulse ;
- les algues vertes : *Ulva lactuca* ou laitue de mer,

cela reste du domaine de quelques algoculteurs bretons produisant de faibles volumes notamment de wakamé et de kombu royal.

Les acteurs de la filière, essentiellement alimentée par la récolte en milieu naturel, voient l'algoculture comme un levier de développement et une alternative aux importations mais celle-ci est encore émergente. La culture de macro-algues ne représente que 0,3 % de la production totale française de macro-algues (FAO, données 2019) et concerne principalement⁹¹ deux espèces que sont *Undaria pinnatifida* et *Saccharina latissima*, même si *Alaria esculenta* est elle aussi cultivée par les entreprises Algolesko à Lesconil et C-Weed au large de Saint Malo. Selon le SSP, la filière algocole (10 entreprises recensées) a produit et vendu 150,7 t de macro-algues pour 524 K€ en 2019⁹² (en 2020, 13 entreprises, recensées en Bretagne et Nouvelle Aquitaine, ont cultivé et vendu 97,6 t pour 544 K€, le prix unitaire ayant augmenté). Ces données montrent que le chiffre d'affaires annuel en moyenne par entreprise algocole est faible (entre 41 K€ et 52 K€).

2 - Modes de production

Les entreprises algocoles sont dans leur très grande majorité implantées en Bretagne pour des raisons historiques et environnementales mais aussi parce qu'y existe un système d'acteurs scientifiques, économiques, professionnels ancrés dans le territoire de l'amont à l'aval de la filière (cf. ci-après §21).

À l'origine, l'objectif principal d'entreprises algocoles du type d'Algolesko est de pouvoir assurer aux industriels transformateurs du secteur alimentaire des productions constantes en qualité et quantité, ce que la collecte des algues sauvages ne peut pas faire.

Aujourd'hui, les produits issus des cultures de wakamé et de kombu royal sont à forte, voire très forte, valeur ajoutée car principalement destinées aux secteurs de la cosmétique et de

90 Enquête aquaculture 2020, SSP.

91 5 espèces sont aujourd'hui cultivées en France : les algues brunes précitées, - *Palmaria palmata* (dulse), au stade expérimental et *Ulva lactuca* (laitue), au stade pilote industriel. Les résultats de l'étude Polistr mentionnent que la culture de *Palmaria palmata* la plus prometteuse que ce soit en bassin ou en mer mais qu'elle nécessite des expérimentations complémentaires.

92 Le SSP précise qu'il s'agit de la vente finale des produits finis pour toute destination (alimentation humaine, animale, cosmétique, pharmacie...).

l'alimentation humaine. Par ailleurs ces productions sont en trop faibles volumes pour répondre aux besoins des alginatiers⁹³.

La mission a identifié 10 entreprises algocoles et toutes sont localisées en Bretagne, 7 dans le Finistère, 2 dans les Côtes d'Armor et 1 en Ile-et-Vilaine (cf. annexe Liste des entreprises de production algocole).

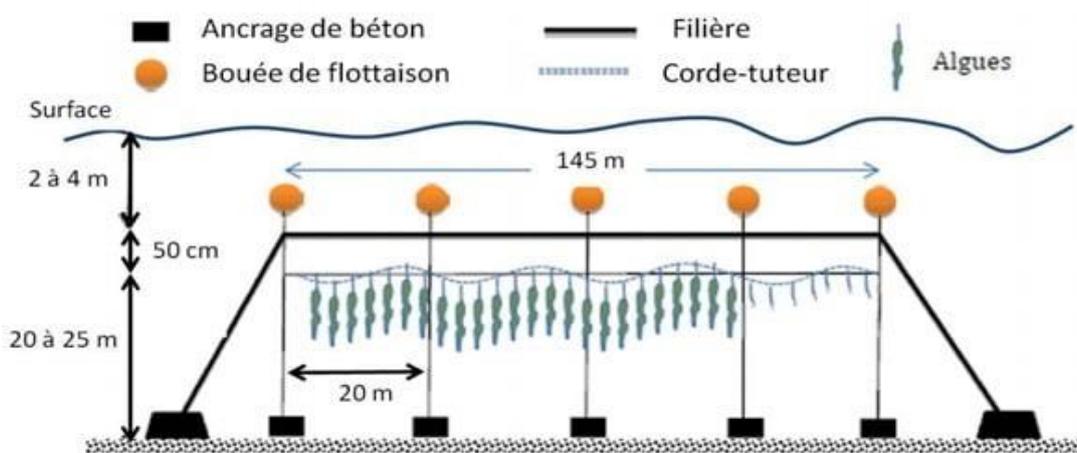
La culture des macro-algues nécessite la maîtrise et la gestion de l'intégralité du cycle de vie de l'algue. La reproduction des macro-algues peut se faire selon 2 modes et est fonction des conditions du milieu et de la biologie de l'algue :

- le premier est la propagation végétative : l'algue assure sa descendance par fragmentation ;
- le second est la reproduction sexuée. Pour le wakamé ou le kombu, elle se fait en éclosion et est plus complexe. Après la reproduction des algues, effectuée après sporulation en laboratoire, l'ensemencement est réalisé sur des cordelettes destinées à être transférées en mer pour le grossissement, variable selon l'espèce (par exemple, environ 5 mois pour *Undaria pinnatifida* en Rance, milieu estuarien riche en nutriments). C'est un processus plus compliqué et précis, donc plus onéreux mais très qualitatif.

La culture de macro-algues s'effectue soit en mer via l'installation de plantules sur des filières installées sur des concessions du domaine public maritime, soit à terre en bassin de type « raceway » avec une agitation par roue à aube, ou en bac agité par un bullage intense basse pression (*Gracilaria, Palmaria*).

Les cultures en mer sont bien adaptées aux algues qui ne supportent pas l'émersion et sont assez résistantes pour pouvoir supporter les tempêtes sans se déchirer. Les filières sont installées à l'horizontale maintenues en surface par des bouées et sont toutes parallèles sur une longueur de 300 à 500 mètres chacune.

Figure 2



93 Les prix ne peuvent être compétitifs entre algues embarquées (la quasi-totalité des laminaires en Bretagne est destinée aux deux alginatiers français à proximité) et algues cultivées (100 fois plus chère). Prix unitaire à la tonne de l'algue cultivée = 5,6€/kg*1000 (source SSP 2020) ; prix unitaire de la tonne d'algues embarquées = entre 44 et 50€ (source Adeupa 2020).

Algues en Bretagne – Description de la filière subflottante utilisée pour la culture des laminaires
– Source : seabiosis.com/lalgoculture-une-culture-ecoresponsabl

Figure 3



Kombu royal cultivé sur filière sur la concession de Lesconil (Algolesko).
06/04/2021

©Algolesko

La culture en bassin à terre est réservée aux algues intertidales⁹⁴, laitue, nori, dulse, adaptées à des eaux moins profondes et plus calmes, dont les thalles se fragmentent facilement sous l'effet des vagues. Ces algues ont souvent un mode de reproduction végétatif efficace.



Pilote industriel de culture d'ulves en bassin. Crédit France Haliotis

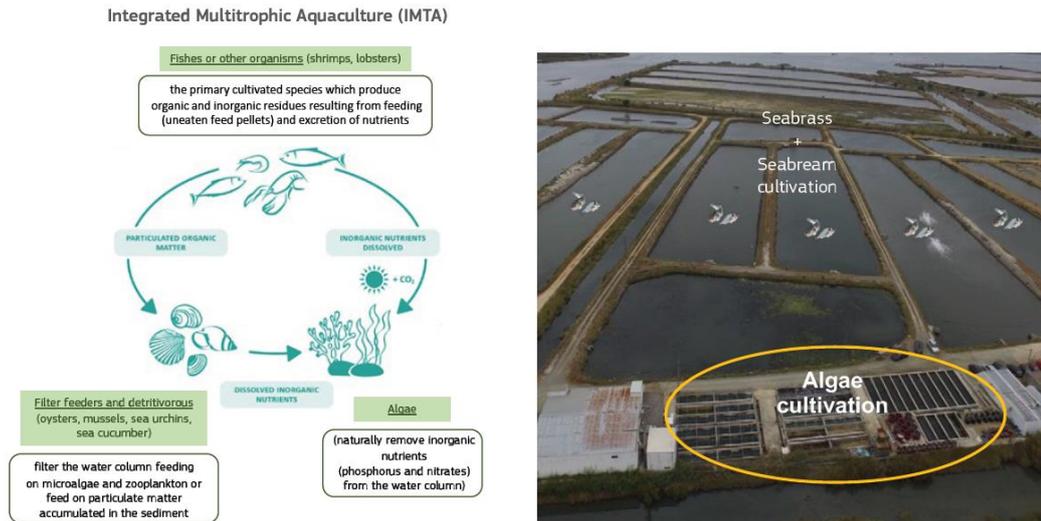
L'AMTI (aquaculture multi-trophique intégrée), un mode de culture porteur ?

L'AMTI consiste à reproduire un écosystème naturel en combinant l'élevage de différentes espèces complémentaires, appartenant chacune à un maillon de la chaîne alimentaire. Les rejets organiques et inorganiques produits par une espèce, dite de nourrissage, comme les poissons, servent d'aliments aux algues cultivées à proximité qui utiliseront le phosphore et l'azote dissous (participant à la prévention de l'eutrophisation), tandis que les mollusques pourront filtrer les particules (les espèces filtreuses permettent de réduire l'impact environnemental de l'élevage).

⁹⁴ sur l'estran, la zone de balancement des marées.

Figure 5

Figure 5.16 Schematic description of the Integrated Multitrophic Aquaculture (IMTA) approach.



Source: Own elaboration based on material provided by Algaplus

Source : The Blue Economy Report 2021, Commission européenne

Dans le schéma ci-dessous, d'autres interactions peuvent être incluses, comme la co-culture de coquillages et d'algues, ou de crevettes et d'huîtres.

Figure 6

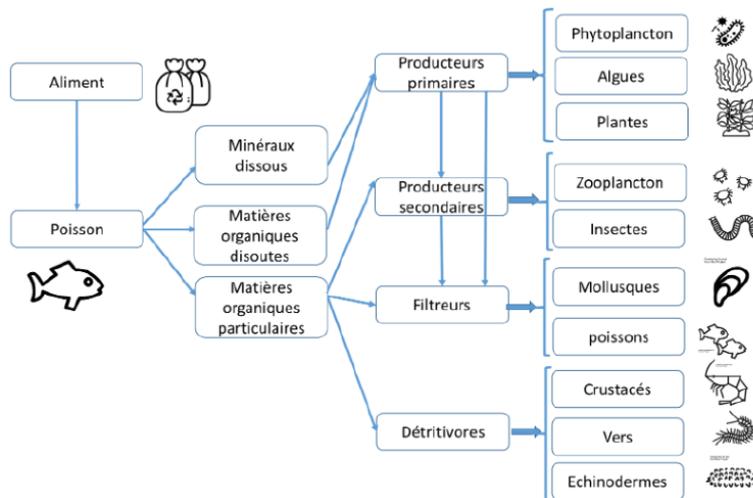


Figure 1 : le réseau simplifié des espèces d'intérêt en AMTI (d'après Aubin, 2019)

Source : projet INTEGRATE, livrable numéro : 6.4 wp6 – définir un cadre pour le développement de l'AMTI

L'AMTI pourrait constituer une solution écologique permettant le développement d'une aquaculture durable. Deux atouts majeurs de cette pratique pour les producteurs peuvent être soulignés. D'une part, le fait de pouvoir optimiser les ressources nécessaires à l'aquaculture en augmentant la production par surface pour les productions extensives (avec l'utilisation de plusieurs espèces dans le même bassin en équilibre pour les ressources alimentaires), et

d'autre part, une sécurité économique pour les producteurs grâce à une diversification des activités de production.

L'AMTI semble également pouvoir répondre aux préoccupations actuelles concernant la préservation de la qualité des milieux et la diminution de la consommation des ressources mais des recherches semblent nécessaires sur ce point comme le notent les auteurs du rapport de diagnostic n°3 du projet INTEGRATE. Le projet POLISTR terminé en octobre 2021 a fourni des résultats prometteurs sur la culture d'algues associée à celle des huîtres même si les auteurs précisent que des expérimentations en éclosérie et en mer doivent encore être poursuivies.

En France, trois entreprises (Arvorig Solutions, France Haliotis et Symbiomer) ont été identifiées comme pratiquant l'AMTI avec des algues mais ces pratiques restent encore peu développées.

3 - Transformation et commercialisation des macro-algues cultivées : des débouchés de niche ou des productions de masse ?

La France, où existe une longue tradition de valorisation des algues, se caractérise par la diversité de ses unités de valorisation des algues même si chacune, exception faite des unités de production des alginates, ne transforme qu'un faible volume.

L'alimentation humaine

En Europe et en France, les macro-algues alimentaires sont très peu exploitées. 22 espèces (figure 7) sont autorisées par les autorités sanitaires pour la consommation humaine, des exigences sanitaires imposant le contrôle des teneurs en bactéries, métaux lourds et iode avant la commercialisation. Pour les autres algues ne figurant pas dans la liste, un dossier Novel Food doit être déposé pour être évalué par les autorités compétentes.⁹⁵

95 Voir synthèse réglementaire établie par le CEVA.

Figure 7

Tableau 1 : Algues listées comme algues alimentaires en France

Nom scientifique	Nom commun
<ul style="list-style-type: none"> • Algues brunes - <i>Ascophyllum nodosum</i> - <i>Fucus vesiculosus</i> - <i>Fucus serratus</i> - <i>Himanthalia elongata</i> - <i>Undaria pinnatifida</i> - <i>Laminaria digitata</i> - <i>Laminaria saccharina</i> - <i>Laminaria japonica</i> - <i>Alaria esculenta</i> 	<ul style="list-style-type: none"> Spaghetti de mer Wakame Kombu Kombu Royal Kombu Atlantic wakame
<ul style="list-style-type: none"> • Algues rouges - <i>Palmaria palmata</i> - <i>Porphyra umbilicalis</i> - <i>Porphyra tenera</i> - <i>Porphyra yezoensis</i> - <i>Porphyra dioica</i> - <i>Porphyra purpurea</i> - <i>Porphyra laciniata</i> - <i>Porphyra leucostica</i> - <i>Chondrus crispus</i> - <i>Gracilaria verrucosa</i> - <i>Lithothamnium calcareum</i> 	<ul style="list-style-type: none"> Dulse Nori " " " " " " " Pioca, lichen Ogonori Mäerl
<ul style="list-style-type: none"> • Algues vertes - <i>Ulva sp.</i> - <i>Enteromorpha sp.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> Laitue de mer Aonori
<ul style="list-style-type: none"> • Microalgues - <i>Spirulina sp.</i> - <i>Odontella aurita</i> - <i>Chlorella sp.</i> 	

Source : Ceva, 2019, *Macro-algues et micro-algues alimentaires – statut réglementaire en France et en Europe*, Synthèse, 15 p.

Les produits sont la plupart du temps commercialisés dans des magasins spécialisés type magasin Bio ou épiceries fines ou locales (à proximité de la ressource donc en Bretagne notamment) ou dans des magasins spécialisés en produits de la mer proposant leurs produits à la vente en ligne. Ils se vendent sous formes de tartares d'algues, d'aromates ou intégrés à d'autres produits (riz, croquants, chips, moutarde, pâtes, vinaigre, sel, infusions, court-bouillon, soupes par exemple). Les consommateurs français utilisent peu l'algue fraîche à la différence des consommateurs asiatiques pour lesquels elle entre dans leurs habitudes alimentaires comme n'importe quel autre légume et parce qu'ils ont le microbiote qui permet de métaboliser cet aliment (des études sont nécessaires pour déterminer si le microbiote des Européens est adapté ou non à l'assimilation des algues).

Les principales algues alimentaires utilisées pour l'alimentation humaine en France sont le haricot de mer (*Himanthalia elongata*), la laitue de mer (*Ulva sp.*) ; la dulse (*Palmaria palmata*) ; le nori (*Porphyra sp.*) ; le wakamé (*Undaria pinnatifida*) ; le kombu royal (*Saccharina latissima*)⁹⁶.

Pour une des interlocutrices de la mission, le marché alimentaire des algues cultivées est un marché de niche. La France a développé la bioraffinerie, les extractions d'actifs pour remplacer la chimie conventionnelle donc un marché à plus haute valeur ajoutée qui pourrait mieux correspondre aux entreprises algocoles, le coût de production actuel d'une algue cultivée étant 100 fois plus élevé que celui d'une algue récoltée.

Les phycocolloïdes pour les industries agroalimentaires (IAA).

Les algues, principalement brunes, sont aussi utilisées pour extraire des molécules d'intérêt, notamment issues de leurs parois pour des secteurs industriels comme l'agro-alimentaire, la cosmétique et la pharmaceutique.

Les algues brunes, et en particulier les laminaires, sont riches en alginates. Les algues rouges sont riches en carraghénanes (*Chondrus crispus*) et en gélose (*Gelidium et Gracilaria*). Alginates, carraghénanes et agar sont des hydrocolloïdes ayant des propriétés gélifiantes, stabilisantes et épaississantes qui entrent dans la composition de très nombreux produits cosmétiques et alimentaires⁹⁷. Près d'1 million de tonnes d'algues fraîches par an sont utilisées dans le monde pour extraire ces trois composés. L'industrie des phycocolloïdes consomme de 40 à 70 % de la production mondiale.⁹⁸

On retrouve également des alginates dans les colles, ciments, mortiers, ou céramiques.

Algaia et Jrs Marine, les deux alginatiers français sont localisés dans le Finistère Nord au plus près des goémoniers et récoltants d'algues ; leurs productions représentant environ 20% du marché mondial des alginates.⁹⁹.

96 LE BRAS Quentin, RITTER Léa, FASQUEL Dimitri, LESUEUR Marie, LUCAS Sterenn, GOUIN Stéphane. 2014. Étude de la consommation des algues alimentaires en France. Programme Idealg Phase 1. Étude nationale. Les publications du Pôle halieutique Agrocampus ouest n°35, 72 p.

97 Additifs alimentaires E400 à E407 in Les algues alimentaires : bilan et perspectives par FLEURENCE Joël, 2018, collection Sciences et techniques agroalimentaires (STAA), Lavoisier, Paris.

98 LE BRAS Quentin, RITTER Léa, FASQUEL Dimitri, LESUEUR Marie, LUCAS Sterenn, GOUIN Stéphane. 2014. Etude de la consommation des algues alimentaires en France. Programme Idealg Phase 1. Etude nationale. Les publications du Pôle halieutique Agrocampus ouest n°35, 72 p.

⁹⁹ Source IDEALG

Les gélifiants représentent à l'heure actuelle 75 % de l'utilisation des algues en France (produites et importées)¹⁰⁰.

L'acide alginique a été découvert par Standford en 1883 sur *Laminaria digitata*; il est exploité sur diverses espèces de cette famille. C'est l'additif alimentaire E400. **Les alginates** sont utilisés dans les sauces en tant que liant (l'alginate de sodium est l'additif alimentaire E401), dans les couches culottes en tant qu'absorbant, dans le domaine des appareils dentaires comme pâte de moulage, et dans les pansements comme absorbant. Ils sont aussi utilisés dans la précipitation des impuretés des eaux usées, dans la gélatine des films, ...

Les carraghénanes (additif alimentaire E407) élèvent la viscosité du milieu mais ne provoquent pas de gel spontané, sauf avec le lait, en présence de calcium, ce qui représente 57 % de ses usages : yaourts, crèmes diverses et desserts deviennent onctueux.

Les agar-agar (E 406) : Les alginates donnent spontanément des gels dans l'eau si on chauffe à plus de 85 °C et qu'on laisse refroidir le mélange. Ils sont utilisés pour la production d'agars-agars. Ses utilisations sont essentiellement agroalimentaires avec 88 % de la production : confitures, yaourts, terrines, sauces, confiserie, etc. à des concentrations souvent inférieures à 1 %.

Il existe aussi des utilisations plus discrètes, moins connues du public, mais très importantes dans des domaines comme la pharmacie, la recherche et le diagnostic, en particulier les électrophorèses et les milieux de culture en bactériologie.

Source : <https://www.futura-sciences.com/planete/dossiers/botanique-algues-surprenants-vegetaux-aquatiques-523/page/14/>

Les principes actifs à destination de la cosmétique.

L'utilisation des extraits d'algues dans les produits cosmétiques est une spécialité française unique reconnue dans le monde. Mis à part le rôle texturant des hydrocolloïdes, l'extrait est une source de tensio-actifs naturels et d'ingrédients actifs tels que des osmo-protecteurs ou les oligo-alginates (action antipollution, anti-acné et anti-vieillessement) et les fucoïdanes (action anti-vieillessement et de croissance capillaire).

Ce sont de très petites quantités qui sont recherchées par le secteur de la cosmétique. Les algues ciblées sont les algues rouges comme *Palmaria palmata* riche en vitamine A et B12, ainsi qu'en polysaccharides, recherchée pour sa richesse en carraghénanes qui lui donnent des propriétés fluidifiantes et tonifiantes, considérées comme intéressantes pour les parois veineuses et la micro-circulation des graisses dans l'organisme ; les algues brunes comme *Laminaria digitata*, une algue reminéralisante, hydratante, protectrice, régénérante et émoulliente, mais aussi *Fucus spiralis*, et *Himanthalia elongata* ; l'algue verte *Ulva lactuca* riche en magnésium est utilisée surtout pour ses propriétés hydratantes.

Ces molécules d'intérêt sont à très forte valeur ajoutée rendant le secteur de la cosmétique plus attractif pour des entreprises algocoles en termes de rentabilité.

L'usage agricole : fertilisants et phytostimulants.

100 Cours de M2, Marie Lesueur, enseignante Institut Agro de Rennes, 2020.

L'ajout d'algues à la terre agricole augmente la rétention d'eau et apporte des éléments minéraux et éléments traces intéressants pour l'enrichissement des sols. Les algues sont utilisées depuis longtemps par les populations littorales pour amender leurs sols ou comme engrais.

Le marché des phytostimulants à base d'algues revendique de favoriser la nutrition, la croissance et le développement des plantes cultivées, un marché en pleine croissance lié au développement de l'agriculture biologique et à la très forte réduction, voire l'interdiction, de l'usage des produits phytopharmaceutiques et antibiotiques.

De nombreuses sociétés¹⁰¹ (47 selon l'académie des biostimulants) produisent et commercialisent divers extraits de ces algues pour un usage biostimulant. L'algue brune *Ascophyllum nodosum* entre dans la quasi-totalité de ces formulations. Les techniques d'extraction sont variables et les principes actifs préservés dans le biostimulant à base d'algues ne seront pas les mêmes selon la méthode retenue.

L'usage alimentaire pour les animaux

Les algues peuvent être utilisées comme complément alimentaire pour le bétail.

Certaines espèces d'algues, comme l'*Ascophyllum nodosum*, ont démontré grâce à leurs compositions en polysaccharides spécifiques, leur capacité à stimuler les défenses immunitaires des animaux d'élevage comme des animaux de compagnie. Source importante de minéraux et d'oligo-éléments et reconnues pour avoir un effet sur le développement de certaines bactéries bénéfiques du tube digestif des animaux permettant l'optimisation de leurs performances de croissance, le développement osseux ainsi que la peau et la beauté du poil, elles sont recherchées par les fabricants d'alimentation animale.

Toutefois le prix du séchage et broyage des algues rend cette filière peu rentable¹⁰².

Par ailleurs, les algues *Asparagopsis* contiennent des molécules qui neutralisent la production de méthane dans l'estomac des vaches. Le défi à relever consiste à trouver un moyen de produire massivement *Asparagopsis* pour en extraire les molécules à ajouter à l'alimentation du bétail¹⁰³.

¹⁰¹ Académie des biostimulants <http://www.biostimulants.fr/produits-utilisation/types-de-produits/les-biostimulants-orgnais-lexemple-des-extraits-dalgues/>

¹⁰² Source étude IDEALG

¹⁰³ Des scientifiques de l'université James Cook en Australie ont découvert qu'une algue rouge du nom de *Asparagopsis taxiformis*, ajoutée aux aliments du bétail à raison de seulement 2%, réduisait de 85% les émissions de méthane dues aux rots et aux déjections in The red macroalgae *Asparagopsis taxiformis* is a potent natural antimethanogenic that reduces methane production during in vitro fermentation with rumen fluid, par Robert D. Kinley *et al.*, 2016, Animal Production Science, 2016, 56, 282–289.

Des produits biosourcés

Se débarrasser du plastique en ayant recours à des produits fabriqués à base de plantes, dont les algues, est le challenge relevé par de nombreuses entreprises.

Des papiers d'art ou papiers décoratifs sont déjà fabriqués à partir de pâte de bois et de fibres d'algues. Il est envisageable également de réaliser du carton avec ce matériau. Plus récemment, des résultats très concluants ont été obtenus avec des déchets industriels d'algues brunes (issus de l'industrie des colloïdes). L'entreprise Algopack, basée à Saint Malo, est à la pointe de cette technologie et est en mesure de proposer deux types de matériaux : l'Algopack (100 % algues) et l'Algoblend (50 % plastique, 50 % algues). Des clés usb, des lunettes, des jouets de plages et autres objets biodégradables sont déjà commercialisés. Elle utilise les algues avec d'autres plantes pour fabriquer des matériaux uniquement végétaux et s'adressent aussi à des industriels utilisant du plastique (automobile, mobilier, ...).

Mais une entreprise est à signaler de par son modèle industriel : Eranova (cf. ci-après).

4- État de l'art du développement de l'algoculture en France.¹⁰⁴

Les entreprises de première transformation sont souvent localisées à proximité de la ressource. La Bretagne concentre la quasi-intégralité des entreprises de production algocole à ce jour.

Agrocampus ouest¹⁰⁵ a recensé plus de 80 entreprises de transformation majoritairement implantées en Bretagne avec plus de 50% présentes dans le Finistère (29). Beaucoup d'entre elles produisent et transforment les algues à destination de plusieurs marchés, notamment ceux de la cosmétique et de l'alimentaire. Cette étude estime un chiffre d'affaires approximatif de 200 à 300 millions d'euros lié directement aux algues des entreprises de transformation et environ 1 000 emplois concernés. Les auteurs de cette étude indiquent un certain nombre d'inconnues pour cette filière comme la provenance des algues transformées (récolte ou culture ? Bretagne ou autre ?), les circuits des algues produites en Bretagne, l'état de la demande : quelles algues pour quels besoins, quelles quantités ?

¹⁰⁴Les éléments relatifs aux entreprises qui seront développés dans ce rapport ont été obtenus par la mission lors des entretiens avec les acteurs, à l'issue de recherches sur les sites internet des entreprises ou à la lecture de données produites dans le cadre de programmes de recherche comme IDEALG.

¹⁰⁵ LAINE-PENEL Armelle, MAYEN Patrick, SPINEC Florent, 2016, L'algoculture : étude sur le métier, les savoirs, les compétences et la formation. Le développement des savoirs et des compétences, condition pour le développement du champ professionnel de l'algoculture. AGROCAMPUS Ouest, 110 p.

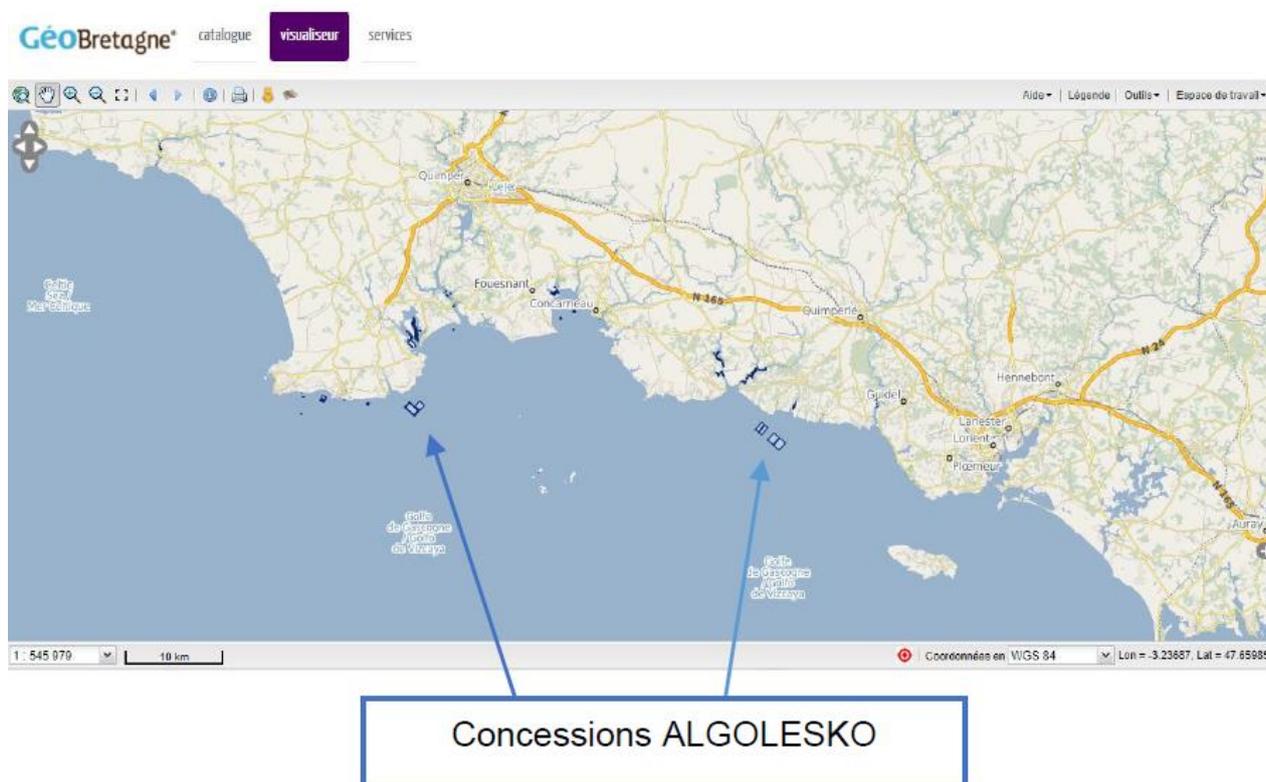
Les algoculteurs.

Algolesko

Première ferme marine d'Europe jusqu'à récemment¹⁰⁶, l'entreprise a été créée en 2013-2014. Sa création fait suite au projet Breizh'Alg porté par la région Bretagne et piloté par BDI (Bretagne développement innovation), agence régionale au service de l'économie bretonne. L'objectif du programme était le développement d'une filière économique d'algoculture pour l'alimentation en Bretagne. Pour l'atteindre, Breizh'Alg a fait conduire une étude de marché devant répondre aux enjeux de la construction d'une filière régionale afin de disposer d'un diagnostic éclairé sur son potentiel économique.

L'entreprise, aidée par le CEVA notamment pour l'analyse environnementale, a obtenu une concession en mer de 150 ha au large de Lesconil (entre 2 et 4 milles nautiques entre la côte et l'archipel des Glénans) dans une zone Natura 2000 et une autre à Moëlan-sur-Mer de 200 ha dont l'exploitation n'a pas encore commencé, à cause d'un recours en justice, mais est envisagée en 2023 selon son président et son directeur général.

Figure 8



Elle produit des algues alimentaires Premium, selon les termes de son président, à forte valeur ajoutée (Wakamé, Kombu royal, Wakamé irlandais) et en récolte d'autres, toutes certifiées Bio par Ecocert. Les algues cultivées représentaient en 2021, 160 t (60 % de kombu royal, 25 % de wakamé, 15 % d'atlantique wakamé) avec un objectif de plus de 200 t au printemps 2022 et d'environ 700 t au printemps 2024. La production de wakamé (environ 40 t en 2021) est

¹⁰⁶Ocean rainforest aux îles Feroe cultive sur 100 km de filières sur 12 ha le kombu royal, l'atlantique wakamé, la dulse et la *L. digitata*.

intégralement vendue (pour moitié au secteur de la cosmétique, l'autre moitié comme algue alimentaire).

L'entreprise a fonctionné sur fonds propres jusqu'en 2019 où elle a levé des fonds d'1,1 million d'euros puis 600 K€ en 2021 auprès notamment d'Invest mer, fonds créé par le groupe banque populaire grand ouest et sa marque crédit maritime pour soutenir les développements des activités maritimes et littorales du territoire grand ouest.

L'équipe comporte 12 personnes y compris son président, elle est composée d'un directeur général, d'une commerciale, de quatre marins (1 capitaine 200 et 3 matelots polyvalents), des biologistes, docteurs et un technicien d'écloserie.

Aleor

Entreprise rachetée par Algolesko en juillet 2019, elle cultive *Alaria esculenta* (atlantic wakamé), *Undaria pinnatifida* (wakamé) et *Saccharina latissima* (kombu royal) sur 4 ha de concessions en filières sur DPM, vers Bréhat, mais la majorité du volume d'algues transformé par Aleor provient d'algues de rive. Elle dispose en outre d'une concession de 26 ha non encore équipés.

Plusieurs espèces sont domestiquées depuis la phase d'écloserie jusqu'à la récolte d'algues, le séchage basse température, inférieure à 40° pour préserver toutes les qualités de l'algue, la vente d'algues fraîches, sèches ou congelées, entières, en paillettes ou en farine (cryobroyage pour des poudres plus fines et plus homogènes tout en conservant intactes les molécules d'intérêt présentes dans l'algue).

Le rachat permet à Algolesko de s'ouvrir à la cosmétique puisqu'Aleor dispose de marchés porteurs.

C-Weed

L'entreprise cultive, récolte et sèche en plein air les algues marines (le kombu royal, l'atlantic wakamé et le wakamé), qu'elle utilise comme ingrédients naturels pour l'alimentaire ou la cosmétique. Pour son activité, l'entreprise dispose d'une concession de 12 ha en Rance (35), entre Saint-Suliac et Saint-Jouan-des-Guérets, et de 4 ha à Penmarch (29). En termes d'infrastructures, elle dispose d'un bâtiment d'environ 400 m² à Saint-Méloir-des-Ondes et d'une écloserie à Cancale.

Eranova

Localisée sur l'étang de Berre développe une démarche algocolle en complément du traitement des algues échouées dans l'étang. Les deux cofondateurs d'Eranova collectent des algues d'échouage sur l'étang de Berre pour les transformer après multiplication dans des bassins où elles valorisent le CO₂ produit par des usines voisines, en biomatériaux par un procédé innovant et breveté (granulés bioplastiques utilisables dans la fabrication de sacs, emballages, gobelets, flacons, produits pour le BTP). Le démonstrateur, dans le cadre du projet Alguex sélectionné en 2017 dans le programme d'investissement d'avenir (PIA) par l'ADEME, a été inauguré le 18 février 2022 à Port-Saint-Louis-du-Rhône (Bouches-du-Rhône) sur la zone

industriale-portuaire du Grand Port Maritime de Marseille. Il a nécessité un investissement de 6 millions d'euros (dont 120 K€ de la Métropole et une levée de fonds de 2,3 millions d'euros auprès de plusieurs industriels de la région et deux sociétés étrangères). La société emploie à ce jour huit personnes (treize à terme), l'usine s'étend sur 1,3 ha et dispose de bassins d'algues et d'une usine où s'effectuent le séchage, le broyage, et la transformation du matériau¹⁰⁷.

Eranova ambitionne une nouvelle usine de 100 ha à proximité du démonstrateur. Elle estime qu'elle pourrait à terme créer une centaine d'emplois. À cette fin, la société lève des fonds pour financer ce projet à 60 millions € qu'elle espère voir le jour d'ici 2023 ou 2024 et permettre une production d'environ 20 000 tonnes de biomatériaux.

Des exemples d'AMTI exploitant les macro-algues

La mission a pu identifier 3 entreprises qui développent ce système aquacole innovant en France avec les macro-algues (le même nombre d'entreprises a été identifié en France par les membres du projet INTEGRATE mais ne coïncide pas puisque toute exploitation d'AMTI avec ou sans algues est traitée).

Arvorig Solutions

Entreprise créée en janvier 2021, en SAS¹⁰⁸ agricole, qui récolte et produit des algues, elle se présente comme une société de mission avec des objectifs sociaux et environnementaux (statuts).

Elle est implantée à Camaret-sur-Mer où se trouvent une petite unité de production, l'écloserie de crevettes, un laboratoire de R&D, une petite unité de transformation pour les ulves, et les bureaux.

Elle défend son objet comme le développement de procédés innovants d'exploitation durable des ressources marines dans une économie circulaire, en créant des synergies et des solutions de continuité entre les professionnels.

Aujourd'hui, elle emploie quatre personnes de Bac+3 et plus et un marin titulaire du brevet Capitaine 200. Le dirigeant a su s'entourer également de proches et de connaissances ayant des compétences diverses et pointues dans les domaines écotoxicologique, océanographique, comptable et juridique, auxquelles il fera appel via des prestations de service.

¹⁰⁷ « Nous apportons une solution concrète à la résolution d'une pollution, explique Philippe Michon. L'étang de Berre génère selon les années entre 2 000 et 5 000 tonnes de macro-algues, qui peuvent être collectées et apportées sur notre site. En 2022, nous en traiterons 500 tonnes et monterons progressivement en puissance jusqu'à atteindre une capacité de transformation de 60 000 tonnes par an ». « Notre procédé combine le ramassage de ces algues de l'étang, puis leur culture dans nos différents bassins afin de compléter le volume de biomasse », ajoute Philippe Lavoisier (cité dans L'usine nouvelle, 18 février 2022).

¹⁰⁸ Société par actions simplifiées

L'entreprise a deux activités complémentaires adossées à deux projets de recherche :

- Elle produit en AMTI des crevettes, des bivalves et des macro-algues locales dans un système d'eau recirculée et prenant en compte le bien-être animal (projet Panacea).

Elle travaille en collaboration avec la station biologique de Roscoff et son objectif est de maîtriser un système de nourrissage à haute valeur nutritionnelle dont on n'en dira pas davantage puisque du domaine de la confidentialité.

L'idée est de maîtriser les intrants en s'affranchissant potentiellement du prélèvement des algues et de maîtriser la qualité des algues.

- Une récolte d'algues vertes en mer sur les zones de croissance, sans impacts sur la biodiversité. Des engins de pêches spécifiques seront développés et adaptés aux sites. Ce projet sera développé en partenariat avec le CEVA.

L'entreprise s'est fixée trois objectifs :

- servir d'intrant complémentaire pour le nourrissage aquacole,
- réduire les échouages d'algues,
- obtenir une matière première de haute qualité pour le secteur agricole et agroalimentaire.

L'entreprise souhaite aussi se développer sur un second site à Rosnoën qui serait un site de production où les technologies développées à Camaret seraient déployées et les post-larves de crevettes produites envoyées.

Il s'agit de développer une ferme aquacole modèle développant les qualités suivantes :

- Minimisation et contrôle des rejets : le projet Panacea produit un bio-complexe, à base de micro-organismes et d'espèces filtrantes végétales et animales valorisé en nutrition des juvéniles. Absence de pollution de l'environnement ;
- Production de ses propres intrants : minimisation des prélèvements, recyclage des coproduits de pêches ;
- Prise en compte du stress animal ;
- Filtration biologique : l'algue va transformer le carbone, l'azote et le potassium en éléments assimilables. En milieu contrôlé, le pétoncle et la crevette permettent une diminution de la matière solide en suspension. Le pétoncle assimile la matière organique particulaire produite par les crevettes et permet une diminution de la charge ammoniacale. La charge résiduelle d'azote sera absorbée par les algues.

France Haliotis

Entreprise située dans l'Aber Wrac'h (Finistère Nord), elle élève des ormeaux en pleine mer, certifiés biologiques et nourris exclusivement avec des algues cultivées en bassin (6 raceways pour une production de 50 t/an de laitue de mer fraîche) ou en mer ouverte dans l'esprit d'AMTI. La laitue de mer (*Ulva spp.*), la dulse (*Palmaria palmata*) et le kombu royal (*Saccharina latissima*) sont les algues cultivées par l'entreprise.

L'entreprise dispose d'une éclosérie pour ses naissains d'ormeaux à Kerazan.

Depuis 2018, France Haliotis cultive des espèces locales d'algues en bassins sur les bords de l'Aber Wrac'h à Plouguerneau.

« La production coûte plus cher que la récolte mais nous y trouvons plusieurs avantages », explique le fondateur de France Haliotis. Ces bassins de production permettent à l'entreprise de sécuriser l'approvisionnement de ses brouteurs (dix à quinze kilos d'algues sont nécessaires pour produire un kilo d'ormeaux, le surplus de production partira vers des usines de transformation en agroalimentaire ou cosmétique), de lisser son stock sur l'année, de réduire la pression sur les champs sauvages mais aussi d'améliorer la croissance de ses ormeaux. En effet, les algues cultivées sont issues de souches sélectionnées qui contiennent ce qui accélère d'autant la croissance des ormeaux.¹⁰⁹

Les algues cultivées avec les ormeaux sur une concession à la sortie de l'Aber Wrac'h profitent des eaux fraîches en pleine mer, ce qui leur garantit un brassage constant favorable à la croissance rapide des algues. Le mode de culture est le même que pour Algolesko ou C- Weed sur des longues cordes immergées mais à la différence de ces deux entreprises, elles poussent aussi naturellement sur les cages où se trouvent les ormeaux. Ces algues servent de fourrage pour les ormeaux. L'entreprise entend ainsi réduire son impact sur l'écosystème marin en évitant les prélèvements d'algues sauvages au même titre qu'Arvorig Solutions.

Figure 9



Nourrissage des ormeaux en pleine mer

© FRANCE HALIOTIS

Symbiomer

Productrice et transformatrice de macro-algues, implantée à Penvénan (Côtes d'Armor, 22), l'entreprise, créée en 2017, composée de 10 employés, est la première en France à regrouper les trois modes de production de macro-algues :

- - récolte d'algues de rive avec accès aux gisements par bateau et tracteur,
- - pêche de *Laminaria digitata* de fond via scoubidou,
- - culture d'algues (algoculture).

Ses zones de récolte d'algues s'étendent de Trébeurden à l'ouest jusqu'à Paimpol et l'archipel de Bréhat à l'est. Son co-fondateur est un ancien salarié du CEVA.

109/In Cultures marines, le magazine des conchyliculteurs, le 02/11/2021

L'entreprise dit avoir obtenu la première concession maritime attribuée en France depuis 1996 permettant l'élevage de poissons en mer. Cette concession de 3 ha est située dans l'estuaire du Trieux, dans l'archipel de Bréhat. Symbiomer a d'ores et déjà lancé plusieurs cycles de production de truites arc-en-ciel élevées en mer, associés à la culture de macro-algues (kombu royal et dulse). Ces productions ont été lancées à partir d'une technologie brevetée par Symbiomer et sont pour l'instant menées à titre expérimental mais avec pour objectif de monter en puissance.

En outre, l'entreprise pêche et récolte aussi diverses espèces d'algues¹¹⁰ ce qui lui permet d'assurer un approvisionnement constant quelles que soient la localisation, la saison ou la variété, pour des débouchés et applications différentes.

Les algues récoltées (notamment la dulse, la laitue de mer, le nori, le haricot de mer, le kombu royal, le wakamé) sont diverses (l'entreprise dispose de 28 timbres de récolte) et plutôt destinées aux secteurs des cosmétiques et de l'alimentation humaine. Quatre timbres sont dédiés à la récolte d'*Ascophyllum nodosum*, particulièrement recherchée dans le secteur de l'agriculture (biostimulants pour les végétaux et les animaux). Le principal gisement français se situant sur l'archipel de Bréhat, la capacité de production de l'entreprise est de plusieurs centaines de tonnes sèches. Deux licences « algues de fond » par un goémonier et son scoubidou permettent de produire plusieurs centaines de tonnes sèches de *Laminaria digitata*.

Analyse AFOM de l'algoculture en France

ATOUPS	FAIBLESSES
<ul style="list-style-type: none"> - plusieurs algues d'intérêt commercial naturellement présentes Des conditions d'environnement très favorables à la production d'algues de qualité - la culture des macro-algues ne nécessite ni eau, ni pesticides, ni engrais, ni terre arable - en bassin, la production peut être contrôlée permettant de limiter les apports en cadmium - un système régional de l'innovation installé en Bretagne (compétences scientifiques et techniques et implantation des entreprises de transformation) - l'image de la Bretagne 	<ul style="list-style-type: none"> - coûts de production élevés - peu d'algues domestiquées - pas d'identification à l'échelle nationale ou locale d'espaces favorables à la culture d'algues - peu de connaissances sur les impacts potentiels sur l'écosystème marin de cultures d'algues à grande échelle - une labellisation AB qui ne tient pas compte des spécificités du secteur des algues

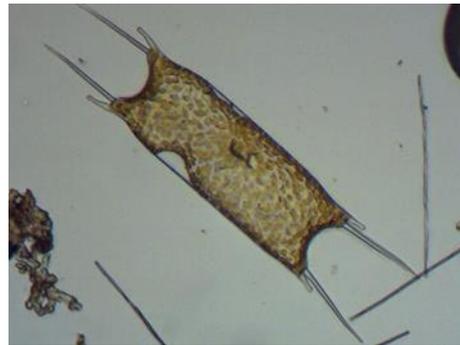
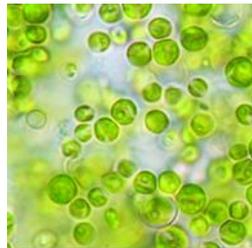
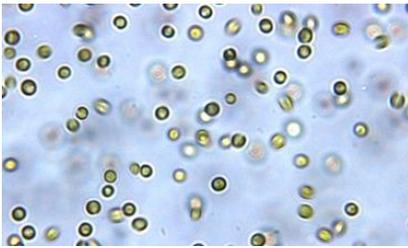
¹¹⁰ *Palmaria palmata*, *Ascophyllum nodosum*, *Chondrus crispus*, *Codium tomentosum*, *Himanthalia elongata*, *Laminaria digitata*, *Laminaria hyperborea*, *Saccharina latissima*, *Ulva intestinalis*, *Ulva lactuca*, *Undaria pinnatifida*, *Fucus serratus*, *Fucus vesiculosus*

<ul style="list-style-type: none"> - existence de plusieurs souchothèques publiques 	
OPPORTUNITÉS	MENACES
<ul style="list-style-type: none"> - plusieurs marchés de niche à développer (principalement wakamé, dulse, nori, laitue) - des débouchés multiples parfois à très haute valeur ajoutée - consommation française d'algues en progression lente mais constante - des consommateurs européens attentifs aux produits naturels, bio, locaux - l'élaboration de documents de planification plus intégrateurs via les DSF - une ferme algocole, 2ème en Europe, à suivre comme pilote pour le développement d'autres entreprises 	<ul style="list-style-type: none"> - problématique de l'acceptabilité sociale (recours en justice ralentissant voire risquant de mettre fin à des projets algocoles) - des importations d'algues en France qui sont en croissance

Annexe 8 : La culture des micro-algues

Des organismes très divers avec de grandes potentialités de valorisation.

Le terme micro-algue désigne tout une série d'organismes le plus souvent unicellulaires (même si certains peuvent être filamenteux ou coloniaux), possédant un noyau à l'exception des cyanobactéries¹¹¹. Ils sont en général photosynthétiques mais certains peuvent dans certaines conditions se développer en l'absence de lumière. Premiers maillons de la chaîne alimentaire en milieu aquatique, les micro-algues composent le phytoplancton et se développent en eau douce, saumâtre ou marine. Il est donc impossible de parler de la production des micro-algues en général.



Isochrysis affinis galbana. chlorelle
Crédit Ifremer

Odontella sinensis. Credit Beg Meil

Les micro-algues présentent une grande diversité systémique. L'european algae biomass association (EABA) donne la liste suivante¹¹² concernant les micro-algues :

- Les cyanobactéries qui sont des eubactéries, soit des organismes dépourvus de noyau
- Parmi les archae plastidae, ancêtres des plantes terrestres on trouve des microalgues parmi les chlorophyta, les galauicophyta et les rhodophyta. Ces organismes se caractérisent par leur capacité à accumuler de l'amidon. Les chlorophyta et les rodophyta correspondent par ailleurs aux macro-algues vertes et rouges.
- Le règne des Chromalveolète regroupe la majeure partie des groupes de microalgues, composantes du phytoplancton, avec les bacillariophyta (diatomées), les cryptophyta, les dinophyta (dinioflagellés), les raphidophyta, les haptophyta, les chrysophyt, les xantophyta, les eustigmatophyta et certains représentant des phaenophyta (ce groupe étant surtout connu pour les macro-algues brunes). Ces micro-algues se caractérisent par leur capacité à synthétiser des produits variés, notamment des lipides ou des pigments originaux.
- Enfin, on peut citer le groupe des euglenophyta relevant du règne des excavates, qui accumule du paramylon, dérivé du glucose présentant des propriétés intéressantes en chimie verte (production de bioplastiques biodégradables), en nutraceutique ou en pharmaceutique (régulation de la glycémie et du cholestérol)

¹¹¹ Les spirulines, qui relèvent de cette catégorie, font l'objet d'un développement spécifique dans le cadre du présent rapport

¹¹² Position paper. What are algae, june 2019. EABA

De par leur diversité¹¹³, les micro-algues offrent potentiellement de grandes possibilités de valorisation mais à ce jour une dizaine d'espèces seulement sont cultivées¹¹⁴. Initialement produites pour nourrir les larves de poissons et de coquillages, les micro-algues connaissent d'ores et déjà des applications dans les secteurs de la cosmétique, des compléments alimentaires (huiles riches en acides gras de type oméga 3), de l'alimentation¹¹⁵ et de la nutrition animale. Toutefois la plupart des marchés sont encore en émergence.

Les techniques de culture.

La culture des micro algues se réalise soit en bassins ouverts, les raceways, soit en milieu fermé, les photo-bioréacteurs. Les deux systèmes ont leurs avantages et leurs inconvénients.



crédit bluebeltinitiative.com

Les systèmes ouverts ne sont pas très onéreux. Ils permettent la production de quantités importantes de biomasse mais leur empreinte foncière est directement proportionnelle au volume produit le limitant de facto. Par ailleurs, les paramètres du milieu (température, luminosité) sont difficiles à maîtriser. Les contaminations sont fréquentes rendant aléatoire le rendement. Ces contaminations sont réduites si les bassins sont installés sous serre ou recouverts de plexiglass mais les coûts d'infrastructure augmentent. Ce sont les territoires ultra marins qui présentent le plus gros potentiel de développement pour ces cultures en bassin compte tenu des conditions climatiques qui y règnent.

¹¹³ Les scientifiques estiment qu'il existe entre 100 000 et 1 million de micro-algues

¹¹⁴ Essentiellement *Chlorella* sp. (micro-algues d'eau douce, à haute teneur en protéine), *Odontella aurita* (production de DHA), *Dunaliella salina* (algue verte halophyte à l'origine de la couleur rose de marais salants) ou encore *Haematococcus pluvialis* (algues vertes aimant les eaux douces stagnantes et productrice d'un antioxydant), *Nannochloropsis* sp (production de phytoplancton pour aquarium), et *Isochrysis galbana* (élément du phytoplancton marin utilisé dans les éclosiers conchylicoles) ou encore *Schizochytrium* sp (micro-algue hétéoptrophe dinoflagellée, productrice d'huiles riches en DHA un antioxydant).

¹¹⁵ En France, outre les spirulines, seules trois espèces sont autorisées pour une utilisation alimentaire : *Odonthella* sp depuis 2002, *Chlorella* sp depuis 2004 et *Tetraselmis chuii* depuis 2014



photobioréacteur (crédit Mycrophyte)

Les techniques de production en photo bioréacteurs ont fait l'objet de beaucoup de travaux afin d'améliorer le volume de biomasse produite. En effet, la productivité des photobioréacteurs est limitée par la difficulté à faire pénétrer la lumière dans des milieux de culture à forte concentration d'algues. Ce sont des techniques de productions coûteuses, notamment en énergie, qui nécessitent des espaces importants si on veut produire de la biomasse en quantité. En revanche, les contaminations sont en principe inexistantes et les conditions de culture (pH, température) parfaitement maîtrisées. Il est possible de jouer finement sur la composition du milieu de culture pour orienter le métabolisme des micro-algues, par exemple en situation de stress azoté, leur faire accumuler des lipides, ou leur faire accumuler certains éléments comme le sélénium¹¹⁶ ou encore limiter l'accumulation de pigments pour réduire leur couleur et faciliter leur insertion dans des matrices alimentaires.

Ces techniques de productions sont donc principalement destinées aux secteurs de la cosmétique, de la nutraceutique, de la pharmacie (le fait de pouvoir avoir des cultures axéniques est un atout majeur) où la valeur ajoutée n'est pas liée au volume de biomasse mais à la nature des molécules qu'il est possible d'extraire. Toutefois des freins techniques demeurent en matière de récolte, séparation, extraction même si des start-up, à l'image de la société Inalve (<https://www.inalve.com/>), affirment avoir réalisé des innovations de rupture en matière de process.

Lorsque les micro-algues s'y prêtent, il est possible de les cultiver en fermenteurs classiques en conditions hétérotrophes. Les techniques sont bien maîtrisées et les coûts de production inférieurs à ceux en photobioréacteurs.

¹¹⁶ <https://www.metabolium.com/notre-technologie/>

Les unités de productions de micro-algues concernent majoritairement des espèces d'eau douce, en conséquence elles peuvent potentiellement s'implanter sur tout le territoire dès lors qu'une alimentation en eau douce est disponible. Par ailleurs, lorsque les souches sont d'origine marine, outre le fait qu'il faut avoir accès à l'eau de mer pour les cultiver, les contraintes techniques sur les phases de récolte/extraction /purification sont supérieures du fait du caractère corrosif de l'eau de mer.

Dans la pratique il existe de nombreuses possibilités à chacune des étapes (production, extraction, raffinage , ...) conduisant à des process variés¹¹⁷ s'inscrivant pour la plupart dans l'univers des biotechnologies.

Un écosystème R&D riche.

L'écosystème de R&D traitant des micro-algues est riche. On peut citer la plateforme Algosolis, qui associe le CNRS (laboratoire GEPEA) et l'université de Nantes, l'Ifremer qui a conservé une activité en lien avec l'université de Nantes¹¹⁸, la plateforme CEA-Tech de Cadarache, l'ADEME, le laboratoire d'océanographie de Villefranche sur Mer en association avec l'unité INRIA de Sophia Antipolis qui a développé des outils numériques modélisant la croissance des algues en fonction des contraintes de milieu. Le soutien des régions, notamment celui de la région Pays de la Loire à travers sa feuille de route 2022-2027 en faveur de la filière micro-algues et de la plateforme Algosolis, est déterminant.

Les souchothèques et les OGM, deux enjeux.

Un des enjeux majeurs est la sélection et le maintien des souches, qui doivent être conservées vivantes ce qui implique des infrastructures et du personnel. La gestion des souchothèques renvoie par ailleurs aux questions de propriété intellectuelle et l'application des dispositions du protocole de Nagoya sur la protection des ressources génétiques. Le CEA dispose d'équipes sur le sujet, le CEVA dispose des compétences et les entités privées ont développé des souchothèques pour leurs besoins propres.¹¹⁹

Le secteur des micro-algues pose également la question des organismes génétiquement modifiés (OGM). En France il n'est pas envisageable d'utiliser des algues modifiées génétiquement, excepté pour quelques travaux à visée thérapeutique réalisés en milieu confiné, conduits notamment par l'IFREMER et le CNRS¹²⁰. Aux USA l'approche serait beaucoup plus ouverte¹²¹, le risque de dissémination dans le milieu étant jugé faible.

Un rôle prépondérant des start-up

¹¹⁷ Voir l'arbre technologique des micro-algues dans le rapport ADEME de 2014.

¹¹⁸ Dépôt d'un brevet pour un produit de traitement de l'acnée, extrait de la micro-algue marine *Skeletonema marinoi* (ouest France 12 janvier 2022)

¹¹⁹ Fermentalg entretient une collection de près de 2000 souches de micro-algues.

¹²⁰ Le PIA financerait un projet de production d'anticorps monoclonaux à partir de diatomées génétiquement modifiées (Université de Rouen et IFREMER)

¹²¹ Pour preuve la publication récente dans « Nature biotechnologies », des travaux de l'entreprise américaine Lumen bioscience, qui a mis au point une technologie permettant d'introduire des modifications génétiques de manière efficace chez la spiruline, les transformant en aliments préventifs de certaines infections alimentaires.

Si de grands industriels se sont lancés dans la valorisation des micro-algues, à l'instar du groupe Roquettes Frères(<https://www.roquette.com/>) qui produit des chlorelles en conditions hétérotrophiques, l'essentiel des projets sont portés par des start-up relevant du secteur des biotechnologies. Valorisant la richesse de l'écosystème de R&D, ces start-up développent des procédés innovants¹²² mais souvent limités à une étape de la production et dépassant difficilement le stade pilote (Technology readiness level –TRL- 4). Souvent les start-up se limitent à la preuve de concept pour la production de la biomasse et doivent trouver un relais pour réaliser la phase extraction. Quelques unités de productions plus importantes, souvent filiales de groupes de biotechnologie étrangers ont néanmoins émergé (Greensea, Fermentalg, Algosource, Polaris, Bioréa filiale du groupe Agrial, ...). Le temps imparti à cette étude ne permet pas d'en dresser une liste exhaustive.

De réelles potentialités de développement

Souvent citées comme un moyen pour relever les défis sociétaux des transitions alimentaires et environnementales, les micro-algues sont actuellement plus particulièrement étudiées pour leur capacité à :

- traiter les eaux (l'usine d'engrais Yara, basée à Nantes épure ses eaux en produisant des chlorelles),
- fixer du CO₂ pour purifier l'air ambiant (procédé combin'air de la co-entreprise Carbon works développée par Fermetnalg et Suez) ou valoriser le CO₂ issu de process industriels (programme de recherche Vasco 2, prototype « puits de carbone » de CarbonWorks, projet Cimentalgue conduit par AlgosourceTechnologie, le cimentier Vicat et le laboratoire GEPEA). Sans oublier que la production de bio méthane, qui est actuellement encouragée, conduit en sortie de méthaniseur à un mélange comportant 40% de CO₂ qu'il serait pertinent de valoriser. La production de micro algue pourrait être une solution.
- fournir des biostimulants pour animaux et végétaux,

¹²² Par exemple la start-up algolight (<http://www.algolight.com/>) qui a développé un système innovant d'éclairage des photobioréacteurs qui augmente la productivité des installations

Un business model à consolider

Les micro-algues présentent d'indéniables potentialités et de nombreuses sociétés se développent en vue de les exploiter. Toutefois les verrous technologiques sont loin d'avoir été tous levés et si de nombreuses preuves de concepts sont établies, notamment grâce aux travaux réalisés au sein des pôles de compétitivité, les développements industriels restent en nombre limités.

À court terme seuls devraient émerger des projets visant à produire des molécules à haute valeur ajoutée, permettant de rentabiliser les coûts élevés inhérents à la production en photobioréacteurs, seul moyen d'assurer la qualité et la régularité des produits mais limitante en terme de volume.

Les applications qui devraient arriver à maturité le plus rapidement concernent les biostimulants et biopesticides, les compléments alimentaires animaux et humains, la cosmétique. Celles relatives à la dépollution et à la production de biomatériaux devaient suivre. En revanche la production de biocarburant ne devrait pas de se développer à court terme. En effet, malgré les investissements en recherche et développement réalisés au début des années 2010, le prix de revient n'est pas compétitif comparé à celui des carburants fossiles, même dans des projets où la croissance des algues est dopée par l'injection de CO₂ récupéré sur des sites industriels.

On peut, en outre, constater que bien que la France dispose d'un fort potentiel en R&D, les investissements industriels restent limités. Ils ne se développeront que lorsqu'il sera possible de réaliser des productions de masse (plusieurs centaines de tonnes par installation et par an) et de diminuer les coûts de production.

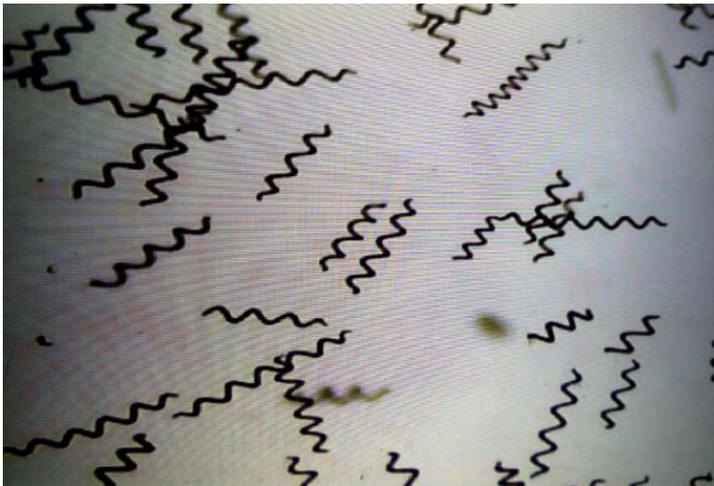
Par ailleurs, en dehors des freins technologiques décrits ci-dessus, il ne faut pas sous-estimer les difficultés que pourront rencontrer les porteurs de projets pour obtenir les espaces nécessaires à leurs installations ¹²³ et l'accès à l'eau qui risque de devenir une ressource de plus en plus rare et convoitée par de multiples utilisateurs.

Enfin, les développements potentiels, évoqués ci-dessus se réaliseront suivant des logiques industrielles dans un écosystème économique, le secteur des biotechnologies, qui ne relève pas directement du ministère en charge de l'agriculture ou du secrétariat d'État en charge de la mer.

¹²³ Tant qu'on ne résout pas la question de l'apport de la lumière au sien du milieu de culture les photobioréacteurs doivent avoir de grandes surfaces

Annexe 9 : La culture spirulines

La spiruline est le nom sous lequel sont commercialisées des cyanobactéries du genre *Arthrospira*¹²⁴. La dénomination de spiruline vient de leur forme généralement spiralée mais il semble que les conditions de cultures influencent la morphologie des filaments (certaines souches ayant des filaments droits) et que même au sein d'une même souche il y ait des morphotypes différents.¹²⁵ De fait, en français le terme spiruline désigne les cyanobactéries d'intérêt alimentaire pour l'homme et c'est cette définition qui sera retenue dans ce rapport. Dans les textes européens les spirulines relèvent de la catégorie « phytoplancton ».



Crédit : spiruline-valdeloire.fr

Les spirulines, organismes photo-autotrophes, se développent naturellement dans des lacs en zone tropicale, préférentiellement en eau douce mais on peut également les cultiver en eaux de mer. Elles sont traditionnellement consommées au Tchad et au Mexique

L'intérêt alimentaire des spirulines tient à leur composition : 60 à 70 % de protéines (d'où leur utilisation en complémentation pour des enfants dénutris), toutes les vitamines B¹²⁶, vitamines pro A, E et K, des acides gras essentiels, 8 acides aminés essentiels (ie que l'homme doit obligatoirement trouver dans sa nourriture) et des minéraux. Sous certaines conditions de culture on peut enrichir leur contenu en oligoéléments¹²⁷, par exemple en sélénium. Si certains médecins ont publié des ouvrages vantant les vertus alimentaires de la spiruline, les fondements scientifiques de ces allégations ne sont pas toujours établis interdisant aux

¹²⁴ La taxonomie des cyanobactéries est évolutive. En 1934 il a été décidé d'unifier deux genres, *Arthrospira* et *spirulina*, du fait de leur morphologie spiralée, mais depuis 1994 les deux genres sont de nouveau distingués et le genre *Spirulina* regroupe des cyanobactéries sans intérêt alimentaire pour l'homme.

¹²⁵ Conclusions des travaux du CEVA dans le cadre du programme spiruline paysanne. Dans le cadre de ce programme le CAVA a constitué une souchothèque de spirulines.

¹²⁶ Toutefois des controverses ne sont pas encore tranchées sur le fait que ces vitamines soient en totalité sous des formes assimilables par l'homme notamment la vitamine B12

¹²⁷ <https://www.phyco-biotech.com>

producteurs toute communication sur ce thème. Au demeurant, certains programmes de recherche ont pour objet d'objectiver ces affirmations¹²⁸.

Par ailleurs les spirulines sont valorisées comme source de phycocyanine, le pigment photosynthétique qui leur donne leur couleur bleue



Crédit photo : phycobiotech

La phycocyanine, association de protéines et de pigments hydrosolubles, a de nombreuses applications. Les industries agroalimentaires en sont de grandes utilisatrices pour les colorations, bleues, vertes, violettes. Ses propriétés antioxydantes sont valorisées dans des applications cosmétiques, pharmaceutiques ou nutraceutiques. En outre la phycocyanine aurait une action dans la défense du système immunitaire et comme agent anti-inflammatoire.

À la fin des années 60 des travaux de recherche ont permis de mieux comprendre les conditions de développement des spirulines ouvrant la voie à leur domestication. Très vite deux systèmes de production se sont distingués. D'une part une production de type industriel, développée au Mexique et en Californie, d'autre part une production artisanale, notamment en France, la première ferme ayant été fondée dans l'Hérault en 1984, date à laquelle la spiruline a été autorisée à la commercialisation en France.

Les producteurs industriels ont été à l'origine du classement de la spiruline en tant qu'aliment traditionnel et de la fixation de critères de qualité, en matière bactériologique et métaux lourds, règlementant la commercialisation.

Histoire de la spiruline en France.

La production de spiruline a réellement démarré en France au début des années 2000 avec la création des premières fermes sur le pourtour méditerranéen. En 2002 paraît le « manuel de la culture artisanale de spiruline » et en 2005 le centre de formation professionnel pour adultes du lycée agricole (CFPPA) de Hyères crée une formation à la production de spiruline dans un cadre humanitaire et des modules d'initiation à la culture de la spiruline voient le jour dans les formations pour horticulteurs. Depuis lors les installations de spiruliniers se sont développées, notamment dans le sud de la France où les conditions climatiques sont favorables à ce type de production. En 2020, l'enquête SSP dénombre 177 unités de productions de spirulines pour une production de 222,5 tonnes de poids vif.

¹²⁸ Sur la teneur réelle en vitamine B12 Voir le compte rendu du projet spiruline paysanne financé par le CASDAR

La majeure partie de ces unités produisent de la spiruline fermière suivant des pratiques artisanales décrites ci-après. Toutefois on dénombre un certain nombre d'unités, souvent de plus grande capacité unitaire, même si elles produisent encore en bassin ouvert. Ces unités ont pu se développer dans le cadre de la diversification d'une activité maraichère (pour valoriser des serres devenues inutilisées) ou en lien avec des unités de méthanisation ou d'incinération des déchets pour valoriser la chaleur fatale. Elles ont alors pu s'installer en dehors des zones méridionales et produire toute l'année¹²⁹, la température ambiante n'étant plus un acteur bloquant. Ces unités sont encore peu nombreuses (d'après le SSP, cela concernerait 4 ou 5 unités) mais si elles se développent, notamment dans les territoires d'outre-mer, elles peuvent déstabiliser la filière de la spiruline fermière¹³⁰ dont le marché est de petite taille, voire en régression depuis la crise CoViD d'après certains producteurs..

On assiste par ailleurs à l'émergence d'une dynamique de production en photobioréacteur ce qui permet un meilleur contrôle des paramètres de culture. Dans ce cas, l'objectif est non pas de produire de la spiruline alimentaire (elle devient éventuellement un co-produit si on ne poursuit pas le bio-raffinage) mais de produire de la phycocyanine, molécule à haute valeur ajoutée¹³¹, qui permet de rentabiliser le coût d'investissement dans l'unité de production. Un projet européen¹³², auquel participe la société Algaïa, spécialiste du bio-raffinage des algues, a pour objet de démontrer la faisabilité du bio-raffinage de la biomasse produite par les spirulines pour des applications de cosmétique et de nutraceutique. Ces unités européennes produisent 8 à 10 t de spiruline/an. Trois unités françaises ont été identifiées par la mission AlgoSource (<https://algosource.com>), Fermentalg (<https://fermentalg.com>) et phyco-biotech (<https://www.phyco-biotech.com>). Elles produisent des spirulines en parallèle de leur production de micro-algues, avec la même logique commerciale pour les deux productions. Dans la même logique, la production de spiruline est un des volets du projet PIAN¹³³ qui vise la production de micro-algues en valorisant biologiquement le CO₂ industriel produit localement.

La spiruline fermière.

Ce mode de production est spécifique et se distingue complètement des voies industrielles suivies ailleurs dans le monde et par certains producteurs français.

Les méthodes de production.

¹²⁹ De 2016 à 2019, afin d'offrir des voies de reconversion aux maraichers, Astred'hor a évalué la possibilité de produire de la spiruline sous serre en AURA dans le cadre d'un projet européen financé par le FEADER. (<https://ec.europa.eu/eip/agriculture/en/find-connect/projects/algoculture-sous-serre-en-circuit-ferm>).

¹³⁰ Le projet de la SAS Normandie Microalgues - en lien avec une unité méthanisation agricole- ambitionne de produire 105t de spiruline par an – la moitié de la production totale des 177 producteurs recensés par l'enquête SSP- avec 20 ETP et une technologie de bassin innovante (SunOleo).

¹³¹ Commercialisées à 150€/kg

¹³² <https://www.spiralg.eu/>

¹³³ Lauréat du PIA3

Les spirulines se développent de mars à octobre, dans de grands bassins ouverts placés sous serre pour assurer une température suffisante, néanmoins ombrés pour éviter l'excès de rayonnement solaire, et régulièrement agités pour assurer l'oxygénation.



Crédit photo : Algosud

L'eau des bassins est complétée en nutriments (azote, phosphore, potassium, magnésium, fer, oligoéléments) les spirulines se développant naturellement dans des eaux riches en minéraux. Pendant toute la phase de culture il convient de surveiller le pH, la température et la concentration des cellules dans les bassins.

Lorsque la culture est suffisamment développée, le spirulinier récolte la biomasse produite, l'égoutte dans un grand tamis et la presse en douceur de façon à en extraire l'eau sans détruire les cellules. La pâte obtenue, dénommée spiruline fraîche¹³⁴,



Crédit photo : FSF

Cette pâte est ensuite extrudée sous forme de filaments qui sont mis à sécher à basse température (inférieur à 50 C) pendant 8 à 12 heures dans des séchoirs le plus souvent solaires. Une fois secs les filaments de spiruline sont concassés et commercialisés sous forme de paillettes ou brindilles prêtes à consommer.

¹³⁴ La spiruline peut être commercialisée sous cette forme mais exige une chaîne du froid pour sa conservation



Crédit photo : spiruline de Retz

Les paillettes peuvent aussi être transformées en poudre ou en comprimés.



Crédit photo : France spiruline

Avant commercialisation les productions font l'objet de contrôles par un laboratoire indépendant pour s'assurer leur conformité avec la réglementation (teneur en contaminants bactériens, teneurs en métaux lourds).

L'économie de la production.

L'investissement nécessaire au développement d'une unité de 650 m² avec le laboratoire indispensable à la transformation et à la réalisation du suivi technique de la production, est de l'ordre de 100 K€. Une unité de 650 m² emploie une personne à temps plein pendant la saison de production.

La production de spiruline est peu consommatrice en eau puisque l'eau (350 m³/an pour 700 m²) de production est récupérée lors du pressage et recyclée dans les bassins.

La spiruline fermière française est vendue 120 à 180 €/kg¹³⁵. La production moyenne par unité, d'après l'enquête SSP est de 130 kg/an ¹³⁶. AlgoSud (<https://www.algosud.com>), une grosse unité de production de 3 600 m² revendique une production de 4 t de produit sec par an soit 1.1kg MS/m²/an. Au regard des résultats de l'enquête SSP il semble que plus la surface de production est grande meilleur est le rendement¹³⁷.

¹³⁵ Chiffre donné par FSF à comparer aux prix de vente sur internet entre 60 et 90 €/kg pour des spiruline d'importation.

¹³⁶ La plus grosse unité de production en bassin, située en Mongolie sur 1600 ha produit 40t/an et fait vivre 27 familles, donc les unités françaises semblent nettement plus performantes.

¹³⁷ Enquête aquaculture 2020 p.59.

Jusqu'à présent la production a surtout été localisée dans le sud de la France, dans des zones où l'ensoleillement et la chaleur permettaient naturellement la croissance de la spiruline. Cependant, dans les régions méridionales l'élévation de température estivale commence à poser problème.

Freins et leviers de la filière.

Le premier frein tient au marché de la spiruline. C'est un marché encore en émergence. Une enquête de la FSF a montré que seuls 2 % de la population française connaît la spiruline. Tant que la preuve scientifique des bienfaits de la consommation de spiruline n'a pas été faite, l'évolution des traditions alimentaires prendra du temps. Par ailleurs la crise sanitaire, qui a rendu plus difficile les relations directes avec les clients, a eu pour effet une contraction du marché (de l'ordre de 20 % d'après la FSF). Une solution pourrait être d'introduire la spiruline en ingrédient qualité dans des produits plus classiques, un marché sur lequel certaines jeunes entreprises s'engagent¹³⁸.

Le deuxième frein tient au cahier des charges de la spiruline bio. En effet, hormis pour la vente en direct, à la ferme ou sur des marchés locaux, pour laquelle le label Bio n'est pas forcément indispensable (on constate d'ailleurs que les consommateurs privilégient désormais le local au bio), l'accès au marché passe nécessairement par le réseau des magasins bio, ce qui suppose que la production soit labellisée AB. Sur ce point les producteurs de spirulines se heurtent à plusieurs difficultés. D'une part, depuis 2017 la production de spiruline bio relève du cahier des charges algues marines (alors que les spirulines ne sont pas des algues et ne se développent pas en mer ...) et, d'autre part, l'obligation d'avoir recours, en productions AB, à des sources d'azote, potasse et potassium issues de végétaux (les tentatives de la FSF pour faire accepter des fertilisants issus de digestats hygiénisés ou de matières organiques animales se sont heurtées jusqu'à ce jour à des refus) pose problème car on ne dispose pas en France de matière première végétale susceptibles de fournir ces fertilisants à faible coût et il faut recourir à un produit issu de résidus de soja brésilien. Un programme de recherche, SPIKAL, porté par l'ITAVI et financé par le FEAMP, associant le CEVA, vise à apporter une solution

Ce point est d'autant plus délicat qu'avec le dispositif d'équivalence instauré par la Commission européenne, de la spiruline produite hors UE, suivant un cahier des charges bio moins contraignant, sont commercialisées sous le label AB à des prix très sensiblement inférieurs¹³⁹. La commercialisation de la production française de spiruline destinée à l'alimentation, qu'elle soit fermière ou plus industrielle, se heurte à cette concurrence vis-à-vis de laquelle elle n'est pas compétitive.

En outre, en France il semble que les normes de qualité édictées par l'Anses soient plus restrictives qu'ailleurs. Par exemple, en ce qui concerne la valeur toxique de référence (VTR) des microcystines, si la proposition de l'Anses de retenir une valeur 40 fois inférieure à celle de l'OMS et inférieure au seuil de sensibilité des techniques d'analyse biochimique, la commercialisation des spirulines françaises sera quasi condamnée.

¹³⁸ <https://hoope.fr/>

¹³⁹ La consultation des sites internet donne un prix moyen de 60 à 90 E :kg soit deux fois plus faible que celui pratiqué par les producteurs de spiruline fermière.

On pourrait aussi mentionner la relative difficulté à obtenir du foncier. Les producteurs de spiruline ont bien souvent du mal à trouver des surfaces adaptées à leur production (il faut 2 à 3000 m² au total, en zone plate) du fait de la rareté des surfaces disponibles et de la nécessité d'installer les fermes à proximité des lieux de vie pour assurer la surveillance en période de production. Toutefois, la FSF n'a pas connaissance de projet ayant fait l'objet d'obstruction de la part des riverains.

Comme d'autres filières agricoles, la filière spiruline est impactée par les nouvelles règles relatives au financement des formations professionnelles par le fonds d'assurance formation agricole, VIVEA, ou pôle emploi. En particulier, il est désormais très difficile de faire financer des formations à l'installation. Outre le fait que les porteurs de projets ont du mal à se former, la FSF a vu la part de ses recettes issues de ses actions de formation se réduire très sensiblement, fragilisant la structure.

Enfin, les dossiers de financements FEAMPA sont jugés trop complexes et l'enquête SSP montre bien que les spiruliniers y ont encore moins recours que les autres algoculteurs.

Il ressort de cet inventaire que les conditions de développement de la production de spiruline fermière ne sont pas encore optimales.

Les structures professionnelles

La fédération des spiruliniers de France

En 2009, une trentaine de producteurs, soucieux de développer une structure pour mutualiser leurs compétences et leurs moyens, créent la Fédération des Spiruliniers de France (FSF). Cette structure est unique en Europe et permet la structuration de la filière spiruline fermière française.

L'adhésion des producteurs à la FSF emporte leur adhésion à la charte de la FSF. La FSF se veut être un collectif solidaire à l'échelle du territoire français, regroupant des producteurs exploitant de petites unités (650 m² en moyenne) avec un mode de production artisanal, recréant les conditions naturelles de développement des cyanobactéries. La commercialisation a lieu principalement en direct sur les marchés ou sur internet, les magasins spécialisés étant réservés aux productions sous label AB.

Agréé organisme de formation, la FSF organise des formations et aide à la conception des projets. Elle participe aussi à des projets de R&D, initiés par l'Institut technique de l'aviciculture (ITAVI)¹⁴⁰ et financés par le compte d'affectation spéciale développement agricole et rural¹⁴¹ ou par le FEAMPA innovation¹⁴².

Cette structure est néanmoins fragile financièrement, peinant à rémunérer ses trois permanents. Tous les membres du conseil d'administration sont bénévoles. Une conséquence

¹⁴⁰ L'ITAVI est l'institut technique en charge des filières avicoles, cynicoles et piscicole

¹⁴¹ Projet spiruline paysanne, CASDAR 2017-2019

¹⁴² Projet Spirikal, FEAMP 2020-2023

directe est l'impossibilité pour la FSF de promouvoir la spiruline sur des salons comme le salon international de l'agriculture (SIA).

Alors que l'enquête SSP recense 177 producteurs de spiruline pour l'année 2020¹⁴³, la FSF revendique une centaine d'adhérents en production et environ 60 adhérents qui sont porteurs de projets mais pas encore installés.

La FSF – une association loi 1901

“Soucieuse de contribuer au développement d'un réseau étoffé de producteurs sur le territoire national et de permettre au plus grand nombre de vivre de leur métier, la Fédération des Spiruliniers de France œuvre pour :

- Des producteurs ayant le statut d'agriculteurs ;
- Le développement des fermes à taille humaine sur un tissu rural viable ;
- Des fermes où la production de spiruline ait une place prépondérante et ne soit pas un sous-produit ;
- La vente de spiruline “aliment” et directement consommable par l'homme, cultivée sans colorant ni conservateur de synthèse ;
- La commercialisation en circuit court ou vente directe au consommateur ou par un intermédiaire de type “magasin de proximité” ;
- Le développement de fermes non intégrées par des prestataires extérieurs favorisant la liberté et l'autonomie des producteurs ;
- Des producteurs ne pratiquant pas l'extraction de molécules issues de la spiruline ;
- L'échange, la transparence et l'entraide sans retenue entre producteurs : l'évocation du secret industriel, la rétention d'information sur les procédés, le dépôt de brevet à titre commercial, la culture sous licence payante n'ont pas cours parmi ses adhérents ;
- Une culture de spiruline non OGM et exempte de pesticide ;
- Le soutien à nos collègues spiruliniers dans les pays où sévit la malnutrition. ”

La FSF regroupe des producteurs autour d'une charte éthique qui les engage
(source <https://www.spiruliniersdefrance.fr/>).

Les producteurs non adhérents de la FSF.

Plusieurs producteurs de spiruline ne souhaitent pas adhérer à la FSF car ils ne se reconnaissent pas dans les valeurs défendues par cette fédération. Ces producteurs se seraient fédérés au sein d'une autre structure que la mission n'a pas identifiée.

Au demeurant, il est vraisemblable que lorsque la production de spiruline constitue une diversification, ces producteurs aient conservé leur lien avec leurs structures professionnelles antérieures.

Des essais de production de spiruline dans le cadre de l'agriculture urbaine, ont eu lieu mais n'ont pas prospéré.

¹⁴³ Les producteurs de spiruline répondent assez facilement à l'enquête notamment les adhérents de la FSF et les autres ont un code activité aquaculture et leur production de spiruline fait partie des activités déclarées.

Quant aux unités de production industrielle il est logique qu'elles n'adhèrent pas à des fédérations de producteurs mais plutôt d'une branche du mouvement des entreprises de France (MEDEF).

Annexe 10 : L'enquête du Service de la Statistique et de la Prospective

L'enquête annuelle du Service de la Statistique et de la Prospective (SSP) du ministère de l'agriculture vise à repérer l'ensemble des entreprises cultivant des algues.

Sa méthodologie repose sur plusieurs sources :

- les entreprises qui disposent de concessions d'utilisation du domaine public maritime sont regroupées dans la base de données Athéna ;
- les entreprises qui cultivent à terre, en particulier des micro-algues, peuvent être repérées par leur code SIREN et leur code APE¹⁴⁴ ;
- des recherches directes sur Internet, ou des interrogations des acteurs locaux permettent de compléter le champ couvert par l'enquête.

Cette méthode de recensement, quoiqu'imparfaite, donne semble-t-il une vision relativement exhaustive des producteurs pour ce qui concerne les algues marines et la spiruline. En revanche le décompte des producteurs de micro-algues est certainement moins fiable.

L'enquête est réalisée depuis 2018 sous forme dématérialisée, la réponse au questionnaire étant signalée comme obligatoire, avec des relances auprès des entreprises retardataires.

Les taux de réponse sont élevés, ce qui n'est pas habituel pour l'aquaculture en général¹⁴⁵.

Par construction elle ne concerne pas les récoltants d'algues, ni en mer, ni sur rives, alors que ceux-ci contribuent fortement à l'activité de la filière¹⁴⁶,

En revanche, il faut mentionner certaines imperfections dans l'enquête du SSP :

- les volumes de production doivent être exprimés sous des formes susceptibles d'être agrégées, or les chiffres de production brute diffèrent de ceux des volumes secs, d'un facteur de 1 à 4 voire de 1 à 7...
- les données de l'outre-mer ne sont pas collectées, mais on estime entre 30 et 40 le nombre des opérateurs ultra-marins¹⁴⁷ ;
- enfin il semble de pratique courante que des entreprises produisant en France, complètent leurs volumes de vente par de la matière première achetée à l'étranger ; or le SSP ne dispose pas d'informations sur ces importations.

¹⁴⁴ Le code NAF 0321Z – "algoculture marine", couvre notamment la culture des algues et celle d'autres plantes aquatiques comestibles.

¹⁴⁵ Les conchyliculteurs ont tendance à moins répondre.

¹⁴⁶ Le volume d'activité des récoltants d'algues, majoritaire par rapport à celui de l'algoculture, est suivi par le "système d'information halieutique". Il faut donc relever que ce système d'information contient plus de données que le SSP sur la valorisation économique des macro-algues, même si ses données concernant les récoltes sur rives semblent peu fiables (source : entretien du « février 2022 avec le service de la statistique et de la prospective).

¹⁴⁷ Il faut noter quelques producteurs de spiruline en Guyane, ainsi qu'un projet en cours portant sur un volume de production important.

L'outil du service de la statistique et de la prospective, désormais "rôdé", permettra de réaliser prochainement une première analyse sectorielle. Ce document de quatre pages devrait souligner la grande variabilité des volumes de production¹⁴⁸ et des performances économiques au sein du secteur¹⁴⁹. Au vu des chiffres d'affaires constatés dans les entreprises, il semble en effet que pour beaucoup d'acteurs la production d'algues ne puisse venir qu'en complément d'une autre production, voire d'une autre activité professionnelle. Ces situations de pluriactivité seront enquêtées prochainement.

Les entreprises, quoique de taille modeste, n'en semblent pas pour autant fragilisées : peu déclarent être en cessation de paiement, et l'espérance de maintien en activité à 5 ans est élevée, notamment pour les producteurs de spiruline.

¹⁴⁸ Les "gros producteurs" sont cependant en nombre très limité : un ou deux pour la spiruline ; pareil pour les macro-algues, tous en Bretagne ; et aucun "gros opérateur" industriel pour les micro-algues.

¹⁴⁹ Il est difficile de dégager des critères de rentabilité économique ; pour la production de spiruline, il semble que la taille des structures soit un facteur de performance.

Annexe 11 : Projets labellisés par les pôles de compétitivité

Projet R&D	type d'algues	Porteur	financement en K€		applications
ALGOLIFE	macro- algues	SICA, Plouénan	24 700	Bpifrance	marchés de la nutrition et de la nutrition-santé animale.
Aquactifs	macro- algues	Agrimer, Plouguerneau	1 568	Fonds Unique Interministériel, Conseil régional de Bretagne, Conseil départemental du Finistère, Conseil départemental d'Ille-et-Vilaine, Saint-Malo Agglomération	génétique/algoculture
Azostimer	macro- algues	Timac Agro International (Groupe Roullier), Saint-Malo	3 804	Fonds Unique Interministériel, Conseil régional de Bretagne, Rennes Métropole	agriculture
FUCO THROMBO	macro- algues	INSERM U1148 – Laboratory for Vascular Translational Science (LVTS)	2 588	ANR	médical
OCEACTIF	macro- algues	Agrimer, Plouguerneau	2 609	Fonds Unique Interministériel Collectivités territoriales Bretagne : Conseil régional de Bretagne Conseil départemental du Finistère Rennes Métropole Saint-Malo Agglomération	cosmétique
Odontomer	macro- algues	Yslab, Quimper	479	Bpifrance, Conseil régional de Bretagne, Conseil départemental du Finistère	hygiène bucco-dentaire

Projet R&D	type d'algues	Porteur	financement en K€		applications
Riv age 2.0	macro-algues	SIMER, Laboratoire Science et Mer, Le Relecq-Kerhuon	3 175	FEDER, Fonds Unique Interministériel, Conseil régional de Bretagne, Conseil départemental du Finistère, Brest métropole, Saint-Malo Agglomération	cosmétique
SEABIOZ	macro-algues	Station Biologique de Roscoff	2 560	ANR	agriculture
SEXSEAWEED	macro-algues	Laboratoire Végétaux Marins et Biomolécules (UMR 7139 CNRS-Université de Paris VI), Roscoff	931	ANR	biologie recherche fondamentale
ULVANS	macro-algues	Olmix (et ses filiales Amadéite et Melspring), Bréhan	23 257	Bpifrance	nutrition et santé animale
ULVOLIGO	macro-algues	Centre d'étude et de Valorisation des Algues, Pleubian	1 172	ANR	cosmétique
VB2	macro-algues	Agrival, Saint-Pol-de-Léon	2 757	Fonds Unique Interministériel, Conseil régional de Bretagne, Conseil départemental du Finistère, Conseil départemental du Morbihan	nutrition humaine et animale/agriculture/cosmétique
AGROGASOIL	macro-algues + poissons	Le Floch Dépollution, Saint-Martin-des-Champs	2 799	Bpifrance	énergies

Projet R&D	type d'algues	Porteur	financement en K€		applications
ALOH MER	macro-algues	Algolesko, Loctudy (29)	650	BPI, Conseil régional de Bretagne	co-culture en pleine mer
Bi-Cycle	macro-algues	Station biologique de Roscoff	1 243	ANR	génétique des algues
EcoKelp	macro-algues	Station Biologique de Roscoff	1 899	ANR	dynamique de biodiversité des forêts de laminaires
POLISTR	macro-algues	Agrocampus Ouest - site de Begmeil	1 070	Fonds Européen pour les Affaires Maritimes et la Pêche (FEAMP)	aquaculture
SUDALAB	macro-algues	CEVA, Pleubian	338	DRAAF	alimentaire
Photobiofilm Explorer	micro-algues	INRIA	1 873	ANR	santé humaine et animale
AGIR	macro-algues	Institut de Chimie de Nice (Equipe MAPEC, UMR CNRS 7272)	1 226		biomédical
HOLOGREEN	macro-algues	Institut Méditerranéen d'Océanologie (MIO)	705	AAP recherche Région Sud	aquaculture
DEMETRA	micro-algues	INALVE	2 115	PIA 3 / ADEME Concours innovation	agriculture/aquaculture/nutrition animale (farines de poissons)
SMILE	micro-algues	MICROPHYT	2 628	H2020 INSTRUMENT PME	bien-être/santé humaine
TRANS'ALG	micro-algues	FERMENTALG	24 000	BPI FRANCE (PIA)	énergie
REGINA	micro-algues	Microphyt	183	FEAMP	algoculture

Projet R&D	type d'algues	Porteur	financement en K€		applications
PURPLE SUN	micro-algues	INRIA	1 689	ANR BIO-ME	algoculture
PHYTO RECOLTE	micro-algues	INALVE	569	ADEME - AAP GRAINE	ostréiculture
PHYCOVER	micro-algues	INRA	3 096	ANR	traitement des eaux usées/transition énergétique
ALP	micro-algues	MICROPHYT	631	AP EUROSTARS	algoculture
ANJEA	micro-algues	INALVE	2 970	CONCOURS MONDIAL INNOVATION	nutrition et santé animale
ABONDANCE	micro-algues	INALVE	989	BPI – ILAB	conchyliculture
VASCO 2	micro-algues	impulsion du port de Marseille-Fos	2 000	ADEME	transition énergétique
STUDIMA	micro-algues	GREENSEA	1 123		nutrition/santé animale
NINAQUA	micro-algues	Le Gouessant	5 192	FUI Fonds unique interministériel	aquaculture nutrition
GREENSTARS	micro-algues	INRA	160 000	IEED Instituts d'Excellence dans le domaine des Energies Décarbonées (appels à projets ANR)	énergie/biocarburants
EIMA	micro-algues	FERMENTALG	13 500	OSEO/ISI	industries/valorisation de produits secondaires industriels
FACTEUR 4	micro-algues	IFREMER	458	OOV LOV	algoculture
PHYTOIRON	micro-algues	Institut Jacques Monod (CNRS)	3 042	ANR	recherche fondamentale : acidification des océans

Projet R&D	type d'algues	Porteur	financement en K€		applications
HELIOBIOTEC	micro- algues	Institut de Biologie Environnementale et de Biotechnologie (IBEB), CEA, INSA TOULOUSE, IBPC PARIS, GENOSCOPE	2 400	Etat et Conseil Régional PACA dans le cadre du CPER 2007-2012	nouvelles énergies/biocarburants/h2
SALINALGUE	micro- algues	BIOCAR	7 450	FUI et collectivités territoriales	énergies/biocarburants
ALGOMICS	micro- algues	IBEB, CEA, INSA TOULOUSE, CEA GRENOBLE, IBPC PARIS, GENOSCOPE	7 365	ANR	énergies/biocarburants
SHAMASH	micro- algues	INRIA	2 864		biocarburants
VESPA	micro- algues	CEA	626	ADEME	écologie industrielle
ALPO	micro- algues	AQUIMER	3 800	INTERREG	transition écologique
BIO4SAFE	micro- algues	AQUIMER	3 200	FEDER INTERREG	agriculture
VALGORIZE	macro- algues	AQUIMER	5 700	FEDER INTERREG	alimentation humaine
NENU2PHAR	micro- algues	CEA	4 980		

Projet R&D	type d'algues	Porteur	financement en K€		applications
SCALE	micro- algues	MICROPHYT	14 300	the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme and the Bio Based Industries Consortium »	transition énergétique / biocarburants
RALFBIOALG	micro- algues	Institut de Recherches sur la Catalyse et l'Environnement de Lyon	744	ANR	énergie (biocarburants) / chimie (molécules plateformes)
GreenAlgOhol	macro- algues	CEVA (Ronan PIERRE)	469	ANR	(lien vers résultats : https://anr.fr/Projet-ANR-14-CE05-0043)

Annexe 12 : Sources de données

organisme	type d'organisme	type de données	type d'algues
ADEUPa	institutionnel	socio-économiques	Macro-algues
CEA	scientifique	projets R&D	micro-algues et macro-algues et spiruline
CEVA	technique	annuaire de professionnels	Macro-algues
	scientifique	projets R&D	Macro-algues
	technique	accompagnement technique des projets des professionnels	Macro-algues
CRC	professionnel	accompagnement technique des projets des professionnels	Macro-algues
CRPMEM	professionnel	autorisations et licences administratives (pêche, récolte)	Macro-algues
		gestion de la biomasse	
EABA	institutionnel	socio-économiques	micro-algues et macro-algues
DDTM-DML	institutionnel	autorisations de concession sur le DPM	micro-algues et macro-algues et spiruline
		socio-économiques	Macro-algues
DG MARE (Commission européenne)	institutionnel	socio-économiques	micro-algues et macro-algues
DIRM	institutionnel	autorisations et licences administratives (pêche)	Macro-algues
Fédération des Spiruliniers	professionnel	annuaire de professionnels	Spiruline
Institut Agro Rennes-Angers (ex Agrocampus Ouest)	scientifique et technique	accompagnement technique des projets des professionnels	Macro-algues
		projets R&D	
		socio-économiques	
MAA-SSP-enquête annuelle aquaculture	institutionnel	socio-économiques	micro-algues et macro-algues et spiruline
Pôles de compétitivité	économique	projets R&D	micro-algues et macro-algues et spiruline
Station biologique de Roscoff (SBR)	scientifique	scientifiques	Macro-algues
Syndicat des récoltants d'algues de rive	professionnel	annuaire de professionnels	Macro-algues
		gestion de la biomasse	

PROPOSITION DE LOI

visant à l'exploitation des algues marines,

(Renvoyée à la commission des affaires économiques, à défaut de constitution d'une commission spéciale dans les délais prévus par les articles 30 et 31 du Règlement.)

présentée par
M. Stéphane TRAVERT,
député.

EXPOSÉ DES MOTIFS

MESDAMES, MESSIEURS,

Le développement actuel et les perspectives annoncées en matière d'algoculture, tant au niveau français qu'europpéen, nécessitent une clarification des définitions préexistantes, pour permettre de préciser la nature de l'exploitation, celle des exploitants, ainsi que les organisations professionnelles dont ils relèvent.

L'esprit de la proposition de loi est simple : la récolte d'algues marines relève, comme déjà précisé au 1° de l'article L. 911-1 du code rural et de la pêche maritime, de l'activité de pêche maritime (récolte des végétaux marins).

L'activité de culture d'algues marines relève, comme précisé au 2° de l'article L. 911-1 du code rural et de la pêche maritime, de l'exploitation du cycle biologique d'espèces aquatiques végétales.

PROPOSITION DE LOI

Article 1^{er}

- ① L'exploitation des algues marines relève :
- ② 1. D'une activité définie au 1^o de l'article L. 911-1 du code rural et de la pêche maritime, au titre de la récolte des végétaux marins ;
- ③ 2. D'une activité définie au 2^o de l'article L. 911-1 du code rural et de la pêche maritime, au titre de l'exploitation du cycle biologique d'espèce végétale
- ④ Les exploitants exerçant une activité visée au 1 relèvent du comité défini à l'article L. 912-1 du code rural et de la pêche maritime. Les exploitants exerçant une activité visée au 2 relèvent du comité défini à l'article L. 912-6 du code rural et de la pêche maritime.

Article 2

Le Comité national de la conchyliculture, défini par l'article L. 912-6 du code rural et de la pêche maritime, est renommé comité national de la conchyliculture et des cultures marines.

Article 3

Toutes les occurrences dans le code rural et de la pêche maritime des mots : « comité national de la conchyliculture », sont remplacées par les mots : « comité national de la conchyliculture et des cultures marines ».

Annexe 14 : Lettre de la DPMA sur le wakamé



MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DU DÉVELOPPEMENT DURABLE ET DE L'ÉNERGIE

Direction des pêches maritimes et de l'aquaculture

Paris, le 08 AVR. 2013

Sous-direction de l'aquaculture et de l'économie des pêches

Bureau de la pisciculture et de la pêche continentale

Nos réf. : 4953 =

Vos réf. :

Affaire suivie par : Pierre TRIBON & Sébastien COUPL
TÉL. : 01 49 55 57 91 - Fax : 01 49 55 82 09
Courriel : dpac.dma@agriculture.gouv.fr

Messieurs les préfets de régions littorales
A l'attention des directeurs interrégionaux de la
mer

Messieurs les préfets des départements
littoraux
A l'attention des directeurs départementaux des
territoires et de la mer

Objet : Gestion des autorisations d'exploitation de cultures marines visant la culture du wakamé (*Undaria pinnatifida*)
PJ :

A) Rappel du contexte

L'algue brune *Undaria pinnatifida*, communément appelée le wakamé, est une espèce non indigène ou allochtone, introduite accidentellement avec les lots d'huîtres creuses (*Crassostrea gigas*) importés du Japon à compter des années 1970, puis intentionnellement dans les années 1980 et 1990 pour sa culture en milieu ouvert dans le Finistère, l'Île-et-Villaine ou encore la Charente-Maritime. À ce titre, il est important de noter qu'il s'agit de la principale algue marine aujourd'hui cultivée en France, tant en volume qu'en valeur (de l'ordre de 50 tonnes).

Les questions de l'opportunité de nouvelles mises en culture et de la place sur le littoral français de l'algue brune *Undaria pinnatifida* ont été récemment posées dans le cadre de la révision de plusieurs schémas des structures de cultures marines, de la modification de la réglementation communautaire en vigueur¹ ou encore d'essais de culture s'inscrivant dans un projet de diversification à destination des ostréiculteurs, lesquels sont impactés depuis maintenant cinq années par une mortalité massive du naissain d'huître creuse.

Suite à ces évolutions récentes, différents avis ont été sollicités et rendus :

- Avis du 19 août 2011 de la Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement (DREAL) de Bretagne en référence à une note du Secrétaire général aux affaires régionales (SGAR) de Bretagne du 16 août 2011 exposant l'opportunité du développement de l'aquaculture de l'algue *Undaria*

¹ Règlement (CE) n° 708/2007 modifié du Conseil du 11 juin 2007 relatif à l'utilisation en aquaculture des espèces exotiques et des espèces localement absentes.

pinnatifida sur les côtes bretonnes : avis défavorable à toute nouvelle création ou demande de renouvellement de concession pour la production de l'espèce *Undaria pinnatifida*.

- Avis n° 001/11ML de l'Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer (Ifremer) du 31 août 2011 sur saisine de la Direction départementale des territoires et de la mer du Finistère dans le cadre de la révision du schéma des structures des cultures marines du Finistère : avis réservé quant à la mise en place de nouvelles cultures de l'espèce *Undaria pinnatifida*.
- Avis de l'Ifremer n° PDG/DCB/2012-055 du 5 avril 2012 sur saisine de la Direction des pêches maritimes et de l'aquaculture (DPMA)² quant à l'opportunité de nouvelles mises en culture d'*Undaria pinnatifida* et de son inscription à la liste en annexe IV du règlement (CE) n° 708/2007 des espèces non indigènes dispensées de permis d'introduction en vue de leur mise en culture ou en élevage : avis préconisant le maintien des cultures d'*Undaria pinnatifida* dans les zones déjà mises en culture en se cantonnant aux pratiques culturales des exploitants installés de longue date ; avis défavorable à l'ajout de cette espèce à l'annexe IV du règlement susvisé.
- Recommandation issue du rapport conjoint d'expertise de juillet 2012 du Conseil général de l'environnement et du développement durable (CGEDD) et du Conseil général de l'alimentation, de l'agriculture et des espaces ruraux (CGAAER)³, missionnés par Madame la ministre de l'écologie, du développement durable, des transports et du logement (MEDDTL) et Monsieur le ministre de l'agriculture, de l'alimentation, de la pêche, de la ruralité et de l'aménagement du territoire (MAAPRAT) : la mission fait siennes les conclusions de l'expertise scientifique de l'Ifremer (avis du 5 avril 2012).

Les conclusions de ces avis recommandant de ne pas implanter de nouvelles cultures d'*Undaria pinnatifida* sur le littoral français sont motivées par son caractère potentiellement invasif reconnu au travers de publications scientifiques.

Il apparaît par ailleurs, d'une part, que les essais de diversification conduits récemment et portant sur le wakame trouvaient leur justification dans la perspective d'un marché à l'export vers l'Asie, ambition hors d'atteinte à court terme de l'avis du CGEDD et du CGAAER compte tenu de la très petite taille de la filière française ; d'autre part, que le projet IDEALG⁴ vise notamment à proposer aux producteurs existants des alternatives à la culture d'*Undaria pinnatifida* par le développement d'itinéraires techniques de culture d'espèces d'algues autochtones.

En conséquence, attendu que le marché national ou communautaire de consommation du wakame n'est pas développé à ce jour, il est jugé préférable de reporter les efforts de

² Antoine Loic, Lemoine Maud, Boulben Sylviane, Kaas Raymond, Laurans Martial, Viard Frédérique, Potin Philippe (2012). Emergence d'une filière de culture de macro-algues en Bretagne et problème relatif à une espèce non indigène, le wakame (*Undaria pinnatifida*). DPMA, Ref. PDG/DCB/2012-055, 36p. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00086/19740/>

³ Rapport d'expertise du CGEDD/CGAAER de juillet 2012 relatif au projet de filière d'algoculture alimentaire en Bretagne http://www.cgedd.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/005104-01_rapport_de28e2dd.pdf ; http://agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/CGAAER_11169_2012_Rapport_dre0569a.pdf

⁴ IDEALG, projet lauréat de l'appel d'offres de l'ANR – investissements d'avenir 2010, est porté par l'Université européenne de Bretagne et piloté par la Station biologique de Roscoff (SBR).

développement d'une filière d'algoculture à des fins alimentaires sur des espèces autochtones.

B) Directives

1) Nouvelle autorisation

Au vu des éléments exposés ci-dessus et en particulier du caractère potentiellement invasif reconnu pour cette espèce allochtone, l'octroi de toute nouvelle autorisation d'exploitation de culture d'*Undaria pinnatifida* sur le domaine public maritime (DPM) naturel doit être proscrit.

Cette disposition ne s'applique pas aux installations de culture en circuit fermé à terre (qui sont hors du DPM ou alors soumises à une autorisation d'exploitation uniquement pour prise d'eau de mer sur le DPM), sous réserve toutefois que le producteur justifie de l'absence de risque de dissémination dans le milieu naturel d'*Undaria pinnatifida* à partir de ses infrastructures de culture.

Dans le cas éventuel d'une demande de permis d'introduction ou de transfert d'*Undaria pinnatifida* déposée en application des dispositions prévues par le règlement communautaire n° 708/2007 susmentionné, vos services sont appelés à la rejeter au vu des avis susvisés, en l'absence à ce jour de tout nouvel élément susceptible de les remettre en cause.

2) Renouvellement d'autorisation

Dans le cas des demandes de renouvellement de droits à produire présentées par des exploitants implantés depuis plusieurs années, un examen au cas par cas doit être réalisé pour d'une part, vérifier la réalité et la continuité de la culture d'*Undaria pinnatifida* (sur la base notamment des déclarations annuelles de production) et d'autre part, expertiser les alternatives possibles à cette culture, lesquelles devront permettre de garantir la viabilité économique de l'exploitation. A cette fin, je vous invite à prendre l'attache de mes services pour vous informer de l'avancée des travaux de développement d'itinéraires techniques de culture à l'étude dans le cadre des programmes de recherche et de développement récemment initiés (ALGMED, BREIZH'ALG, IDEALG, NORMAND'ALG). En tout état de cause, dans le cas du renouvellement d'une autorisation à produire l'algue *Undaria pinnatifida*, cette autorisation ne pourra être délivrée que pour une durée ne pouvant excéder dix années.

3) Substitution d'autorisation

Dans le cas où un nouvel exploitant souhaiterait se substituer à un concessionnaire titulaire d'une autorisation de production d'*Undaria pinnatifida*, la reprise de la concession serait assortie des mêmes conditions que celles relatives au renouvellement d'autorisation visées ci-dessus (incluant une vérification concernant la réalité et la continuité de la culture). Ainsi, à l'occasion de ladite substitution, l'autorisation octroyée au nouveau concessionnaire ne pourra, pour cette même espèce, être délivrée que pour une durée ne pouvant excéder dix années.

Ces mêmes dispositions s'appliquent dans le cadre de la reprise d'une concession dont la vacance a été précédemment reconnue sur la base des critères visés à l'article 32 du décret n° 83-228 du 22 mars 1983 modifié fixant le régime de l'autorisation des exploitations de cultures marines.

4) Reclassement de concession

Considérant que le droit octroyé à un exploitant de cultiver *Undaria pinnatifida* est lié à la concession et donc à son emplacement sur le DPM naturel, toute procédure de reclassement de la concession visant à son déplacement se traduit par le retrait de l'autorisation à produire *Undaria pinnatifida*, sauf dans le cas d'une régularisation cadastrale ou d'un projet de réaménagement d'une zone de cultures marines au titre de l'article 35 du décret n° 83-228.

5) Conséquences

L'application par vos services de ces directives conduira de fait à un arrêt graduel de la production de cette espèce sur le littoral français. Si le calendrier relatif à l'arrêt complet de la culture d'*Undaria pinnatifida* ne peut être établi dès à présent, il y a lieu d'appliquer le principe selon lequel les surfaces mises en culture pour cette espèce ne peuvent en aucun cas être augmentées qu'il s'agisse d'une nouvelle demande de concession ou d'une reprise de cette culture après un arrêt.

Ces directives ne concernent par ailleurs que l'espèce *Undaria pinnatifida* et ne sauraient être appliquées à d'autres espèces d'algues, allochtones comme autochtones.

En dernier lieu, ces directives n'interdisent pas à tout concessionnaire de cultures marines de récolter et de valoriser les thalles d'*Undaria pinnatifida* issus d'un captage naturel, dans la mesure où cette récolte diminue les risques de colonisation présentés par cette espèce.

La Directrice
des Pêches Maritimes et de l'Aquaculture

Cécile BIGOT

Copie à : Monsieur le Directeur de l'eau et de la biodiversité

Référence électronique : G:\sda\pr\ppc\Algues\2012-11-20_DPMA_DIRM_Gestion_AECM_Wakame_v5.doc