

L'essor de la bluetech, or vert venu des océans

Les algues, ces surprenants végétaux aquatiques aux origines de la vie et sources de nombreuses vertus, offrent un potentiel d'innovation extraordinaire qui alimente la recherche dans l'industrie cosmétique. Un nouveau territoire qui fait rêver.

Précieuses et encore largement méconnues, les algues sont à l'origine du règne végétal. Dépourvus de feuilles, de racines et de système vasculaire, ces végétaux aquatiques ne sont pas encore capables de se libérer de l'eau pour vivre, et pourtant, ils sont déjà doués de la capacité de photosynthèse à partir d'éléments simples comme le gaz carbonique, l'eau et les sels minéraux. Cette capacité en fait donc des végétaux. Mais rien n'est simple dans le milieu marin. Car certaines espèces sont classées comme bactéries. C'est le cas de la célèbre spiruline à la fois végétal, animal et bactérie. On est bel et bien dans un monde complexe.



La principale source d'oxygène sur Terre

Principales sources de production d'oxygène, les algues produisent quelque 70 % de la totalité d'oxygène libre de notre planète. Peu gourmandes, elles consomment une quantité minimale de ses ressources. Grâce à la photosynthèse qui utilise la lumière pour transformer l'eau et le CO₂ en glucose et en dioxygène, elles absorbent 30 à 50 % du CO₂ émis par les activités humaines. En contribuant à limiter l'effet de serre et le réchauffement climatique, elles jouent un rôle majeur dans l'atténuation des effets de l'activité anthropique.

Les algues répondent ainsi aux grands enjeux actuels, changement climatique, développement durable, transition énergétique, développement territorial équilibré...

Voilà de quoi expliquer l'engouement croissant pour les étudier et les utiliser. Pour les biotechnologies marines, l'enjeu est d'enrichir les connaissances sur la biodiversité des mers et de tirer davantage de valeur ajoutée des actifs marins pour des valorisations sur tous les marchés. En d'autres termes : développer des biomasses marines et aquatiques, iden-

tifier les sujets d'intérêt, franchir le cap de leur exploitation à plus grande échelle, pour diminuer les coûts permettant d'ouvrir des marchés à plus basse valeur ajoutée.

Macroalgues et microalgues, signes distinctifs

Les différences entre algues et microalgues relèvent essentiellement de leur taille et de leur structure moléculaire. Leur taille peut varier de quelques micromètres à plusieurs mètres. En effet, les algues peuvent être formées d'une cellule unique (*Chlorella pyrenoidosa* par exemple) comme d'un amas de milliers de cellules (*Laminaria digitata* entre autres).

Les macro-algues, espèces fixées au fond de l'eau par un simple tissu végétatif, un thalle, se répartissent en trois lignées : les algues vertes, brunes et rouges. Parmi les milliers d'espèces de macro-algues marines connues, environ 9 000, quelques dizaines seulement sont utilisées et de plus en plus recherchées. Les microalgues ou phytoplancton, sont des espèces non fixées, qui flottent ou nagent en pleine eau. Il existe environ 30 000 espèces recensées de microalgues, dont 14 000 dans les eaux douces. Représentant les deux tiers de la biomasse terrestre, elles se répartissent en plusieurs groupes. Seulement une cinquantaine de spécimens est actuellement étudiée et les plus fréquents sont : les Diatomées

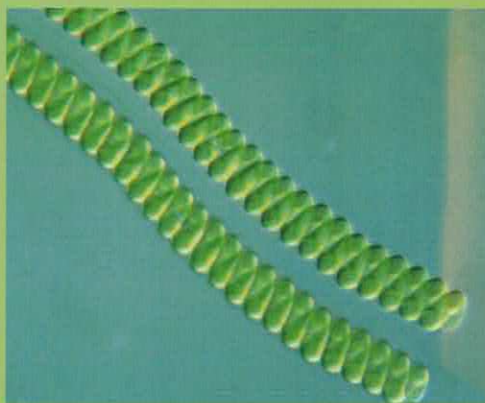
(*Skeletonema*, *Thalassiosira*, *Phaeodactylum*, *Chaetoceros* (90 % du plancton marin, leur élément commun est la silice), les Flagellées (*Isochrysis*, *Monochrysis*, *Dunaliella*), les Chlorophycées (*Chlorella*, *Scenedesmus*), les Cyanophycées (*Spirulina*, la micro-algue bleue) et les Chrysophycées. Ce sont surtout les trois dernières familles qui sont étudiées, en fonction de leur pigmentation, leur structure biologique et leur métabolisme.

Une proximité de longue date

L'industrie de la beauté s'est emparée des molécules fabriquées par les algues, aux propriétés pleines de promesses pour la peau. On les retrouve désormais dans des crèmes de soin, sérum, masques hydratants et autres rituels beauté.

Pourtant, les usages ont bien évolué au fil du temps. Dans les années 1960, Max Huber, un physicien de la Nasa gravement brûlé lors d'une expérience en laboratoire, voit les pêcheurs de la baie de San Diego (Californie) recourir aux algues pour panser leurs plaies et entrevoit leur pouvoir cicatrisant et antioxydant. Il met au point un élixir, le *Miracle Broth* issu d'un processus de fermentation transformant des algues et d'autres ingrédients purs. C'est le point de départ de la cosmétique marine. À partir des années 70 et 80, les marques de thalassothérapie franchissent ensuite le pas du soin vers le produit puis

Le saviez-vous ?



Les **microalgues bleues** ou cyanobactéries sont les premières à être apparues. Elles sont aux origines de la vie sur Terre, il y a environ 3,5 milliards d'années : utilisant l'énergie solaire pour transformer les molécules de gaz carbonique et d'eau en composés carbonés, elles ont libéré de l'oxygène dans l'atmosphère terrestre. Aujourd'hui, cette petite algue bleue nommée Spiruline révèle des trésors de bienfaits grâce à sa multitude de molécules utiles pour la peau : acides aminés, oligoéléments, antioxydants, minéraux, vitamines, acides nucléiques (composants de l'ADN), protéines, acides gras essentiels... un concentré nutri-énergétique unique !

La culture de cellules de macro-algues chez Biotechmarine

La culture de cellules est une technologie marine durable. « Il y a 3 possibilités d'obtenir des algues, explique Rémi Laville, manager innovation et développement, Biotechnologie active chez Biotechmarine, filiale du groupe Seppic. La récolte raisonnée et éthique afin de pérenniser la filière, au cœur d'un hotspot de biodiversité, dont la Bretagne fait partie. La culture en mer pour accéder à des algues plus difficile d'accès dont on a besoin en quantité. Enfin, la culture de macroalgues microscopiques en laboratoire qui permet de contrôler de A à Z la croissance et la qualité de l'algue et d'obtenir des principes actifs à partir d'une grande variété de macroalgues qui sont rares dans la nature. » Cette technologie, appelée *Celebrity*, permet de cultiver des macroalgues sous forme microscopiques pour offrir de nouveaux principes actifs destinés aux soins de la peau. Elle consiste à sélectionner des macroalgues et à les maintenir sous leur forme microscopique pendant toute la durée du procédé. Un travail d'isolement est nécessaire pour obtenir des cultures monospécifiques. Les cellules sont ensuite cultivées dans des photobioréacteurs par un procédé d'intensification afin de produire la biomasse à l'échelle industrielle. Les conditions de culture telles que la salinité, la nature des nutriments, le mélange, l'introduction de gaz, la température, etc., sont des paramètres essentiels pour obtenir une productivité optimale de la biomasse.



l'ingrédient. Ainsi Lessonia a débuté par la transformation des macroalgues pour la thalasso-thérapie. Aujourd'hui, la croissance est dorénavant portée par les ingrédients cosmétiques et les masques. Travaillant avec le laboratoire de Roscoff, Lessonia a développé l'actif Healthskin à partir de la bactérie marine *Pseudoalteromonas carrageenovora* qui vit en symbiose avec certaines algues rouges contenant des polysaccharides de type carraghénanes.

L'engouement de l'industrie cosmétique ne va plus faiblir. Certaines microalgues valent de l'or et quelques gouttes suffisent à apporter une touche premium aux produits. Les laboratoires de recherche et développement ayant pour tâche de répertorier et sélectionner des actifs marins pour répondre à tous les besoins de la peau à chaque moment de la vie.

Un littoral propice

Les entreprises spécialisées en biotechnologie bleue sont désormais nombreuses, acteurs historiques, PME ou startup. La Bretagne est en effet dotée du plus grand champ

d'algues d'Europe, avec 2 500 km de côtes et 700 espèces, trois stations de recherche biologique (la station biologique de Roscoff, l'IUEM-LEMR, le CEVA) et 50 % de la recherche maritime nationale. Polymaris, le centre dédié de Givaudan, Codif, Biotechmarine, Agrimer, Seamer, Algaia, C-Weed Aquaculture... La Bretagne est un des poumons de ces nouvelles sources d'innovation. D'autres régions se positionnent avec ambition. Le sud-est avec le centre océanographique de Villefranche-sur-Mer, qui étudie depuis 30 ans les microalgues et le rôle qu'elles jouent dans les écosystèmes océaniques. L'Occitanie, qui héberge Greensea (filiale de Greentech) spécialisée depuis 25 ans dans la culture des microalgues et la transformation en ingrédients innovants pour le secteur cosmétique notamment. Avec une façade littorale diversifiée de 970 kilomètres de long, la Nouvelle-Aquitaine entend également prendre sa part en termes de biotechnologie bleue avec deux impératifs : la préservation de l'écosystème et l'exploitation durable et raisonnée de ses ressources.



© 2016 Dinedag/Shutterstock

La propriété phare : survivre en milieu extrême

Si la recherche se mobilise ainsi, c'est que ces végétaux ont quantité d'atouts pour séduire. Pour résister au stress généré par le vent, les marées et les écarts de températures, elles produisent des molécules, les métabolites secondaires, pouvant avoir des propriétés intéressantes pour la peau. Exemple de métabolites d'intérêt, les caroténoïdes utilisés comme antioxydants et comme colorants en cosmétique. « Les algues développent des



© Laurence Guéret

stratégies remarquables. Elles peuvent passer 80 à 90 % de leur temps hors de l'eau, du fait des marées. Elles résistent donc à des expositions différentes de lumière, de chaleur, à l'absence d'eau, explique Jean-François Sassi, pilote thématique d'innovation bioprocédés microalgues, CEA Tech en Région.

Ces agressions se rapprochent de ce que la peau humaine subit quotidiennement. Chaque algue est caractérisée par une richesse en molécules bio-actives : acides aminés, exopolysaccharides, protéines, vitamines, acides gras, etc. Cette richesse confère un pouvoir d'action sur la peau. On en est encore qu'au début du potentiel d'exploitation, d'innovation, d'amélioration des variétés de molécules et de rendements ».

La peau et les algues ont par ailleurs une affinité naturelle parfaite. Elles sont composées, dans des proportions équivalentes, d'oligo-éléments et de minéraux. S'ajoute le phénomène naturel de diffusion osmotique qui permet le transfert des éléments d'un milieu très concentré vers le milieu le moins concentré afin de rétablir l'équilibre. Les algues et l'eau de mer apportent ainsi à la peau tous les micro-nutriments dont elle a besoin.

Une autre propriété intéressante des microalgues réside dans la rapidité de leur développement. Une microalgue double sa masse tous les jours. Il n'existe pas de plantes terrestres qui soient capables d'une telle croissance exponentielle. Par ailleurs, certaines espèces ont des teneurs très importantes en lipides et en protéines et produisent aussi des composés à haute valeur ajoutée comme les oméga 3, très recherchés.

Un enjeu de production des microalgues

Si 97 % de la biosphère est océanique, on ne connaît encore qu'une partie infime des micro-organismes qui composent les océans. L'enjeu est donc colossal. Les microalgues sont produites dans des étangs ouverts ou des systèmes fermés comme des photobioréacteurs ou des fermenteurs. « Les photobioréacteurs reposent sur des technologies très avancées, mais elles sont encore récentes et

Cosmétologie



© AlgoSource

donc très évolutives. La recherche œuvre dans plusieurs directions », rappelle Jean-François Sassi : bioprospection, optimisation de la culture, génie génétique et biologie moléculaire. « Car on ne peut pas traiter une souche sans en maîtriser l'optimisation des procédés. Biologie et procédés sont donc liés », conclut le chercheur. AlgoSource a ainsi près de 30 ans d'expérience dans la sélection, la culture, l'extraction et la formulation d'ingrédients fonctionnels issus des microalgues. « Extraites de la biomasse, à l'eau et sans traitement thermique, les molécules sont très fonctionnelles, mais aussi fragiles. D'où leur forme liquide de conservation. *T-Isochrysis Lutea* est une des 3 souches étudiées dans le cadre d'un projet européen. Elle est reconnue pour sa production de fucoxanthine, un caroténoïde présentant un fort potentiel anti-oxydant », explique Aymeric LOLOUM, DG de l'entreprise experte en valorisation des microalgues.

RIV'AGE 2.0, des nouveaux actifs marins contre le vieillissement cutané

Au cœur de ce projet de recherche collaboratif baptisé RIV'AGE 2.0* : les polyphénols, ces puissants anti-oxydants utilisés comme actifs cosmétiques et extraits principalement jusqu'à aujourd'hui de végétaux terrestres. L'idée est maintenant d'identifier et extraire de nouveaux actifs issus cette fois des algues brunes, afin de développer des formulations cosmétiques anti-âge basées sur les propriétés des polyphénols marins, ou phlorotanins. Ces actifs sont élaborés à partir d'algues dont la récolte ne présente pas de menace pour la biomasse, ou d'algues de culture. Ce projet vertueux a également pour objectif de développer des procédés d'extraction et de purification durables et respectueux de l'environnement.

*Partenaires : Universités de Bretagne Occidentale et de Nantes, Technature, C (Weed Aquaculture, Novéal, CNRS. Labelisé par Pôle Mer et par Cosmetic Valley.

Algaia récolte les algues pour la cosmétique

Avec son usine basée en Bretagne, Algaia transforme les algues brunes récoltées en mer d'Iroise pour en extraire des composés naturels, dont les alginates, utilisés pour leurs propriétés d'épaississant, texturant ou gélifiant. En cosmétique, ces polysaccharides intègrent les masques faciaux peel-off et différentes formes galéniques (crèmes, mousses). « Nous avons aujourd'hui 10 références cosmétiques à proposer à nos clients » indique Maud Benoit, services manager. Par ailleurs, leurs trois laboratoires R&D basés à Saint-Lô en Normandie développent des nouveaux produits et proposent des nouvelles textures pour répondre à de multiples applications en particulier pour des alternatives aux polymères synthétiques avec les alginates et carraghénanes. « Nous cherchons à répondre aux problématiques des formulateurs cosmétiques soucieux de naturalité et d'innovations en étoffant notre catalogue d'ingrédients » conclut la jeune chercheuse.



© Maud Benoit, 2021



Urban Algae inscrit dans l'économie circulaire

Fondée en 2016 à Bordeaux par Alexis Chatain, expert en biotechnologies, la startup produit des microalgues en milieu urbain, avec l'ambition « de devenir un acteur majeur de la transition écologique au travers des technologies algo-sourcées » et ainsi de transformer les villes en champs de microalgues, producteur d'oxygène et de biomasse valorisable. Dans une logique de circuit court et d'économie circulaire, les solutions proposées par Urban Algae sont à même de répondre à des problématiques environnementales. Au-delà de l'engagement

écocorrect, l'objectif est de diminuer les coûts de production des microalgues et de proposer des prix plus abordables pour favoriser le sourcing en France avec moins d'impact carbone, et plus de produits à façon. Une cosmétique engagée qui séduit déjà AlbanMuller, Léa Nature et Odycea.

De quoi servir et ravir le besoin de naturalité du nouveau consommateur. Mais la filière doit s'organiser encore davantage. « En amont des marques, les acteurs sont atomisés et les prix toujours élevés, la production en hausse constante, mais limitée à quelques dizaines de tonnes, notamment en raison des investissements conséquents pour la production, rappelle Roland Conanec, responsable du développement du secteur cosmétique et des projets ingrédients du centre d'innovations technologiques Biotech et Santé Bretagne. D'où l'enjeu de dynamiser les projets collaboratifs, favoriser la participation à des réseaux et projets nationaux ou européens. »

« La R&D pour sortir du green-washing »

« Nous centralisons et rendons disponible un maximum d'informations sur chaque souche de la collection », explique Benoît Véron biologiste marin et responsable scientifique de l'Algobank-Caen, la collection de cultures de microalgues de l'Université de Caen Basse-Normandie, constituée de 390 souches, majoritairement des espèces marines et saumâtres. « Nous pouvons aussi fournir des souches monospécifiques de microalgues pour la recherche, l'enseignement et l'industrie. Nous agissons donc comme un conservatoire de souches et pouvons apporter notre expertise sur l'identité de certaines molécules, à la demande du monde industriel. Par exemple évaluer la présence ou non de certains acides gras ou la quantité de protéines ». Pour cet expert, l'enjeu de l'accès raisonné à la matière première est déterminant pour produire une biomasse conséquente et qualitative. « En investissant en R&D, les marques vont au-delà du green-washing pour accéder à des molécules ciblées pour des produits objectifs ».

Le défi du développement raisonné

« Aujourd'hui les projets de développement des ingrédients marins s'orientent autour du biomimétisme et du respect des écosystèmes marins pour des exploitations durables », pointe Roland Conanec. Les nouvelles frontières sont là. CODIF, spécialiste des biotechnologies marines, donne le ton. Offrant une gamme complète de molécules marines uniques, les exopolysaccharides, ce fournisseur d'ingrédients s'engage désormais à ce que l'agro-sourcing majoritaire des milieux de culture soit durable pour ces nouveaux actifs biotechnologiques.

« Il faut aujourd'hui faire face à une demande de biomasse qui dépasse la disponibilité, constate Gilles Bedoux, vice-président de l'Université Bretagne Sud et responsable de la licence professionnelle Développement des Produits Cosmétiques et de Santé. Développer la culture de macroalgues passe par la sécurisation de l'approvisionnement en matières premières, dans le cadre d'un développement durable ». D'un côté des champs d'algues vertueux. « Nous récoltons nos algues brunes en mer d'Iroise, au large des côtes de Brest, en respectant un processus de récolte durable, précise Maud Benoit, services manager chez Algaia. Zone de récolte contrôlée pour conserver les espaces en jachère, taille imposée des algues, nombre d'années de pousse, l'IFREMER participe à la régulation depuis plusieurs décennies pour assurer une récolte durable et pérenne. »

Cosmétologie

À côté de cette récolte durable, l'aquaculture affiche ses atouts : traçabilité, contrôle sur les volumes et la période de récolte, préservation des populations naturelles, cartographie des aires favorables à l'implantation et au développement de sites de production pour l'algoculture, suivi de l'évolution de la biomasse pour mieux évaluer le rendement de production. C-Weed Aquaculture intègre ainsi l'ensemble des cycles de culture des algues, des paramètres de reproduction jusqu'à l'ensemencement des cordelettes destinées à être transférées en mer pour le grossissement. C'est au large des côtes de Saint-Malo, à une dizaine de mètres de profondeur que la mer va ensuite accueillir les cultures, dont la Wakamé (*Undaria pinnatifida*), le Kombu Royal (*Saccharina latissima*) et l'Atlantic Wakame (*Alaria esculenta*) sous le label biologique. Dernière démarche vertueuse de production durable : l'aquaculture multitrophique intégrée (AMTI). « *Déjà pratiquée en Australie, en Norvège*

ou en Amérique du Sud, elle apparaît progressivement en France, précise Gilles Bedoux. Il s'agit de reproduire un écosystème naturel en combinant l'élevage d'espèces complémentaires. Les rejets organiques et inorganiques de certaines espèces (comme les poissons par exemple) sont captés par les macroalgues cultivées à proximité agissant ainsi comme des filtres dépolluants ». Réduction de l'impact environnement et préservation des fonds marins qui conservent leur équilibre. L'équation est bien vertueuse. « *Et la biomasse algale ainsi développée peut être utilisée dans différentes applications, dont les cosmétiques, intéressés par la grande diversité des espèces et des métabolites* ».

La recherche doit désormais intégrer des nouveaux paramètres : maîtrise de l'empreinte carbone, gestion intelligente des déchets, contrôle de l'écotoxicité, biodégradabilité des actifs et sourcing durable. Être irréprochable sur la traçabilité des végétaux : un engagement pour la biotech bleue de demain. ■

Filière marine-filière d'avenir

Du bac pro au bac +8, en formation initiale, continue et en apprentissage, les formations se sont considérablement développées dans le domaine de la blue tech. La Bretagne, berceau de l'activité en accueillant un grand nombre, mais d'autres régions se distinguent. À côté des incontournables centres de formation et recherche - l'IUEM de Brest, l'UBS Vannes-Lorient, la station biologique de Roscoff - ce sont des BTS, licences ou master qui sont accessibles à Guingamp (Université Bretagne Ouest), Rennes, Quimper ou Saint-Malo. Les Pays de la Loire ne sont pas en reste avec les formations de Saint-Nazaire, Nantes, Angers ou Guérande. En Normandie, le master professionnel et recherche AquaCaen complète les formations en 3 ans du Cnam-Intechmer de Cherbourg. La Nouvelle-Aquitaine investit aussi dans ses formations. Preuve en est l'ouverture il y a quelques années d'un nouveau Master appliqué en biotechnologie bleu à La Rochelle, partie prenante du projet « Un master bleu en biotechnologie pour une carrière bleue » cofinancé par le programme « European Maritime and Fisheries Fund » (EMFF) de l'Union européenne.

Le lycée agricole Saint-Christophe, adossé à l'Université de Pau et des pays de l'Adour, et la faculté des sciences d'Anglet ouvre pour sa part une licence professionnelle Amare (Aquaculture des microalgues et revalorisation économique). Ce cursus sera dédié à l'étude de ces micro-organismes, porteurs d'un potentiel de développement important. Confiante dans les débouchés à la sortie, Lorena Via Ordorika, enseignante et directrice de la formation, indique travailler « avec de nombreux partenaires du secteur, entreprises et fabricants notamment »



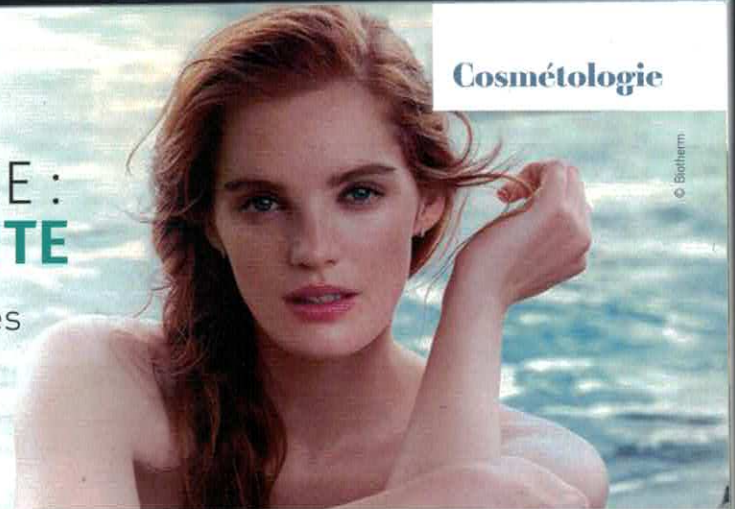
© Shutterstock - Ezami Images

ALGUES ET COSMÉTIQUE : LA FORMULE GAGNANTE

Les formules cosmétiques ont fait des progrès considérables pour repérer, isoler, encapsuler le meilleur du monde marin pour des nouvelles gammes aux mille vertus.

Anti-âge, anti-imperfections, détoxifiant, apaisant, hydratant, mais aussi affermissant et solaire, les marques cosmétiques sont friandes des molécules extraites des algues en phase avec les exigences du marché. Biotherm, se concentre sur la blue beauty avec son ingrédient miracle, le Plancton de Vie™. Algotharm, Phytomer ou encore Thalgo, pionnières en biotechnologies marines, transforment aussi la mer en actifs pour la peau. La macroalgue brune *Laminaria Digitata* récoltée en Bretagne va être utilisée par Algotharm pour son pouvoir reminéralisant et hydratant. Riche en iode, les algues vont également être utilisées comme agent protecteur et réparateur. C'est la richesse en acides gras et phénols de l'algue rouge *Chondrus crispus*, qui sera exploitée pour un pouvoir hydratant, associé à sa richesse en polysaccharide carraghénanes pour un effet texturant.

« Intégrer les ressources marines comme actifs sans en faire pour autant une gamme marine a été l'étape du passage à l'échelle industrielle » explique Roland Conanec, de Biotech et Santé Bretagne. Résultat, les marques cosmétiques se rapprochent des fabricants d'ingrédients pour intégrer la richesse des algues à leur formule. The Body Shop, Jonzac, Lush, Ren Skin Care, le choix est vaste. Pour sa nouvelle gamme



© Biotherm

Pure Algue de nettoyants et démaquillants, Yves Rocher a opté pour la microalgue *Tetraselmis*, cultivée vertueusement au large des côtes bretonnes et utilisée pour ses propriétés oxygénantes et antioxydantes.

Centifolia intègre l'extrait aqueux des microalgues vertes *Chlorella Vulgaris*, dans le soin contours des yeux Sublime Jeunesse et Eclats de Rose. « Riche en protéine et en acides aminés, elles sont reconnues pour accroître fermeté et tonicité », explique Charlene Devaud, chef de produit.

Enfin, avec son cocktail d'acides aminés, oligoéléments, antioxydants, minéraux, vitamines, acides gras essentiels... comment ne pas intégrer la spiruline comme super-ingrédient cosmétique, pour une peau plus claire et mieux protégée. En amont, Algosources par exemple, présent sur l'ensemble de la chaîne de valeurs de la valorisation des microalgues, propose avec Spiruderm un extrait liquide de spiruline dédié à la cosmétique. En bout de chaîne, on trouve les produits dotés de l'ingrédient miracle.

L'Institut Esthederm a ainsi utilisé les propriétés de la spiruline au service des peaux fatiguées, dévitalisées et en manque de tonus. Lorsque la naturalité rencontre l'innovation, c'est un coup de fouet dynamisant l'ensemble de la filière cosmétique. ■

