

MARINE & Océans



Biomimétisme
Quand l'Océan inspire
l'homme

Biomimicry
When the ocean inspires mankind

TURQUIE / TURKEY



Géopolitique
complexe
d'un pays clé
Complex
geopolitics of a
key country

AMIRAL / ADMIRAL PRAZUCK



« Notre marine
est indispensable
à la prospérité
de notre pays. »

"Our navy is
a key component
of our nation's
prosperity."

SPHYRNA ODYSSEY



Six mois à
l'écoute des
cétacés
Six months
listening to
cetaceans

R 92100 - 266 - F: 10,00€



© DR

© DR

© DR

© DR



Lorsque la mer inspire notre avenir

When the sea inspires our future

L'océan, une immensité de beauté et de liberté, de nature et d'aventure, mais aussi de biodiversité et de génie, un espace de haute technologie, d'inventivité, de stratégies et de résilience dont l'homme redécouvre chaque jour l'intérêt qu'il a à l'admirer, à le protéger, mais aussi à s'en inspirer, pour vivre, et vivre mieux. Cela s'appelle le biomimétisme. Explications.

The ocean, an immensity of beauty and freedom, of nature and adventure, but also of biodiversity and genius, an area of high technology, inventiveness, strategies and resilience, where every day man rediscovers the interest he has in admiring it, protecting it, in being inspired by it, to live, and to live better. This is called biomimicry. Explanations.

Par/By **Alain Renaudin**, Fondateur de Biomim'expo, Président de NewCorp Conseil
Founder of Biomim'expo, Chairman of NewCorp Conseil

Le biomimétisme n'est pas une discipline scientifique en tant que telle, c'est une approche, une méthodologie, une philosophie, une façon de penser, parfois en « déformatant » sa propre pensée, en tirant des bords d'une discipline à une autre, d'un regard à un autre. S'inspirer du vivant pour tirer bénéfice des modèles et stratégies développés et optimisés par la nature pour s'adapter et survivre, c'est l'invitation du biomimétisme ou bio-inspiration. La vie marine, si fragile et si essentielle à la vie sur Terre, peut aussi sauver l'homme. C'est tout l'intérêt de s'en inspirer et de la protéger, pour nous protéger nous-mêmes. Le biomimétisme est un voyage, et la mer, « l'Amérique » des explorateurs du vivant : un eldorado de génie, une source d'inspiration infinie pour innover dans tous les domaines. Je vous propose ici quelques pages de ce carnet de voyage du biomimétisme marin.

Commençons par l'énergie et l'ondulation. La mer n'est que mouvement, et le choix de tous les organismes marins qui doivent se déplacer est celui de l'ondulation, qui permet à l'espadon-voilier de filer à 110 km/h, aussi vite qu'un guépard, ou aux 30 tonnes de la baleine à bosse de sortir intégralement hors de l'eau.

La société *EEL Energy*, dirigée par Franck Sylvain, s'en inspire pour développer une hydrolienne ondulante qui convertit l'énergie hydrocinétique en énergie mécanique puis électrique. La membrane *EEL Energy* flotte comme un drapeau dans l'eau et

Biomimicry is not a scientific discipline in the commonly accepted definition, it is an approach, a methodology, a philosophy, a way of thinking, sometimes by "unformatting" one's own thinking, by tacking from one discipline to another, from one point of view to another. Taking inspiration from the living to learn from the models and strategies developed and optimised by nature to adapt and survive. This is the invitation of biomimicry or bio-inspiration. Marine life, so fragile and so essential to life on Earth, can also save mankind. It is in our own interest to be inspired by it and to protect it, to protect ourselves. Biomimicry is a journey, and the sea is the "Promised Land" of the life explorers: an Eldorado of genius, a never-ending source of inspiration for innovation in all fields. Here are a few pages of this travel diary of marine biomimicry.

Let's start with energy and undulation. The sea is all about movement, and the choice of all marine organisms that need to move is that of undulation, allowing the sailfish to reach speeds of 110 km/h, as fast as a cheetah, or enabling the 30-ton humpback whale to jump completely out of the water.

The *EEL Energy* company, headed by Franck Sylvain, found its inspiration there to develop an undulating tidal turbine that converts hydrokinetic energy into mechanical and then electrical energy. The *EEL Energy* membrane floats like a flag in the water



L'ondulation permet aux 30 tonnes de la baleine à bosse de sortir intégralement hors de l'eau. La société *EEL Energy* s'en inspire pour développer une hydrolienne ondulante qui convertit l'énergie hydrocinétique en énergie mécanique puis électrique.

Undulation enable the 30-ton humpback whale to jump completely out of the water. The *EEL Energy* company found its inspiration there to develop an undulating tidal turbine that converts hydrokinetic energy into mechanical and then electrical energy.

reproduit le mouvement ondulatoire de certains vertébrés aquatiques, notamment l'anguille. Ces espèces propagent une onde le long de leur corps pour se mouvoir, et l'anguille en est l'exemple le plus efficace. L'intérêt spectaculaire de cette hydrolienne est de démarrer à moins d'un mètre/seconde de courant et de produire une énergie à un coût compétitif dès 2m/s, ce qui lui permet de couvrir 10 fois plus de zones que les hydroliennes existantes. Après les essais d'un prototype dans les bassins d'essais de l'IFREMER à Boulogne-sur-mer, les tests réalisés en conditions réelles courant 2019 ont été très encourageants.

En poursuivant la même idée, mais cette fois-ci appliquée au nautisme, la jeune startup *FinX*, emmenée avec enthousiasme par un jeune ingénieur Harold Guillemain, entend bien révolutionner la motorisation des bateaux en proposant un moteur électrique aux performances dopées par la force de l'ondulation. La membrane souple aux allures d'un vinyle, modèle 45 tours, vibre depuis la circonférence, animée par des pistons verticaux, vers l'ouverture centrale, propulsant l'eau avec une économie d'énergie de 30 à 40 % par rapport à celle d'un système traditionnel à hélice. Les vidéos consultables sur Internet sont captivantes et sidérantes. Si vous ajoutez à cela l'intérêt en termes de bruit adouci et de moindre nuisance à la biodiversité (fin de l'effet hachoir!), il y a effectivement tout lieu de penser qu'une révolution est en marche.

and reproduces the undulating movement of some aquatic vertebrates, notably eels. In order to move, these species propagate a wave along their body, and the eel is the most efficient example. The spectacular interest of this tidal turbine is to start at less than one meter/second of current and to produce energy at a competitive cost as early as 2m/s, allowing it to cover 10 times more areas than existing tidal turbines. After testing a prototype in the IFREMER test tanks in Boulogne-sur-mer, the experimentations carried out in real conditions during 2019 revealed very encouraging perspectives.

Following the same concept, but this time applied to yachting, the young startup *FinX*, led by a brilliant young engineer, Harold Guillemain, intends to revolutionize the propulsion of boats by introducing an electric engine delivering performance boosted by the force of undulation.

The flexible membrane, that looks like a 45-rpm vinyl record, vibrates from its circumference, driven by vertical pistons, towards the central orifice, propelling water with 30 to 40% energy saving compared to a traditional propeller system. The videos available on the Internet are captivating and stunning. If you add to this the interest in terms of reduced noise and decreased impact on biodiversity (end of the chopper effect!), there is indeed many reasons to believe that a revolution is underway.



1

Cette force tranquille de l'ondulation connaît aussi des applications, tout aussi bénéfiques en matière de performance, dans l'industrie, avec les pompes *Wavera* de l'entreprise *AMS R&D* dirigée par Eric Guillemain, dont la technologie est également à l'origine du système *CorWave* destiné à aider votre cœur à battre avec des pompes cardiaques qui proposent une alternative aux pompes rotatives actuelles présentant parfois des risques de cisaillement. Cette membrane, plus légère et plus économe en énergie, et aussi moins traumatisante pour le sang, diminue les complications dues à la coagulation.

Si la baleine à bosse profite de la force de l'ondulation, elle dispose d'un autre atout, spécifique, pour augmenter sa puissance et son agilité en virage, ce sont ses excroissances (tubercules) présentes sur les bords d'attaque de ses grandes nageoires. Ces irrégularités créent une multitude de tourbillons qui augmentent sa portance et lui évitent de décrocher en virages serrés. Si vous considérez ces nageoires comme les ailes de la baleine, vous comprendrez que l'entreprise américaine *Whalepower* s'en est inspirée pour ajouter cet effet tubercule sur ses pales d'éolienne, et en augmenter ainsi la performance et la résistance aux vents forts. Cette innovation peut avoir d'autres applications pour des gouvernails, des turbines hydrauliques, et autres pales d'hélicoptère.

Pour poursuivre notre voyage accompagné des grandes figures de la mer, rapprochons-nous des requins et intéressons-nous à leur célérité. Rapides et agiles, ils tirent, eux, leur secret d'une peau sur laquelle rien n'adhère, à tel point qu'elle crée comme une sorte de seconde peau, un voile d'air, qui leur permet littéralement de « voler » dans l'eau en optimisant son écoulement laminaire. Et pourtant cette peau n'est pas lisse. Elle est recouverte de ses fameuses écailles placoides tranchantes en forme de dents, les denticules cutanés. Ces denticules préservent l'animal en empêchant l'adhésion des organismes présents dans l'eau qui pourraient le contaminer ou le gêner, tels que microorganismes, algues, crustacés, etc. Par la réplique des denticules à l'échelle du micron (1 000 microns dans un millimètre) une entreprise américaine, *Sharklet*, s'en est inspiré pour créer une surface antibactérienne qu'elle commercialise sous forme d'autocollants appliqués sur les portes et poignées dans les hôpitaux et cliniques. Ce revêtement



© WHALEPOWER

© DR

This quiet force of undulation also has applications in the field of industry, with as much advantages in terms of performance, with the *Wavera* pumps from the company *AMS R&D* led by Eric Guillemain. There, technology is also at the origin of the *CorWave* system designed to help your heart beat with blood pumps proposing an alternative to the current rotary pumps that sometimes present risks of shear stress on blood cells.

This lighter and more energy-saving membrane, which also preserves blood integrity, reduces complications due to coagulation.

While the humpback whale takes advantage from the force of undulation, it has another specific asset to increase its power and agility at it moves in turns. This advantage takes the form of protrusions and growths (tubercles) that can be observed on the leading edges of its large fins. These protuberances create a multitude of whirlpools that increase its lift and prevent it from stalling in tight turns. If you consider these fins as the whale's wings, you will understand that the American company *Whalepower* used them to add this tubercle effect to the blades of its wind turbine, thus increasing their performance and resistance to strong winds. This innovation may result in other applications for rudders, hydraulic turbines, or helicopter rotor blades.

Let's continue our journey with some of the greatest representatives of the ocean, and get closer to the sharks to focus on their capacity to reach stunning speeds. Fast and agile, their secret lies in a skin to which nothing adheres, in such way that it creates a kind of second skin, like a thin layer made of air, which literally allows them to "fly" in the water by optimizing its laminar flow. And yet this skin is not smooth. It is covered with its famous sharp, tooth-like placoid scales, the skin's denticles.

permet une diminution de 94% de la propagation des bactéries. Si la peau du requin l'aide à aller vite, elle peut aussi vous aider à freiner. A partir des analyses réalisées sur l'interaction entre l'eau et la peau des requins, le fabricant automobile *Uniroyal* a réalisé un dessin spécifique des rainures des bandes de roulement du pneu pour inventer la *Shark Skin Technology (SST)*. Cette solution bio-inspirée permet d'obtenir une évacuation optimale de l'eau et une meilleure résistance à l'aquaplaning. Cette trouvaille a été récompensée par le prestigieux prix *Red Dot Design Award* et ces pneus *RainSport3* permettent de réduire de 8% la distance de freinage par temps de pluie. Pour information, la peau des femelles est plus épaisse que celle des mâles afin de résister à leurs morsures pendant la parade nuptiale ! Si cela vous inspire.



2

© UNIROYAL



© DR

1 L'entreprise américaine *Whalepower* s'est inspirée pour ses pales d'éoliennes des excroissances (tubercules) présentes sur les bords d'attaque des grandes nageoires de la baleine à bosse.

The American company *Whalepower* was inspired, for the blades of its wind turbine, by the growths (tubercles) that can be observed on the leading edges of the humpback whale's large fins.

2 A partir des analyses réalisées sur l'interaction entre l'eau et la peau des requins, la fabricant automobile *Uniroyal* a réalisé un dessin spécifique des rainures des bandes de roulement du pneu pour inventer la *Shark Skin Technology (SST)*.

Based on analyses of the interaction between water and shark skin, the automotive supplier *Uniroyal* developed a specific tire tread design to invent the *Shark Skin Technology (SST)*.

These denticles protect the animal by preventing the adhesion of organisms present in the water that could contaminate or disturb it, such as microorganisms, algae, crustaceans, etc.

An American company, *Sharklet*, replicated the denticles on a micron scale (1000 microns in a millimeter) to create an antibacterial surface commercialised in the form of stickers put on doors and handles in hospitals and clinics.

This coating allows to lower the propagation of bacteria by 94%. If the shark's skin helps it go fast, it can also help you slow down. Based on analyses of the interaction between water and shark skin, the automotive supplier *Uniroyal* developed a specific tire tread design to invent the *Shark Skin Technology (SST)*. This bio-inspired solution provides optimal water evacuation from grooves and improves resistance to aquaplaning. This discovery received the prestigious *Red Dot Design Award*. In addition, these *RainSport3* tires reduce braking distance by 8% in wet conditions. For your information, in case it may inspire you, in sharks, the skin of the females is thicker than that of the males in order to resist their bites during mating rituals!

Lorsque ce n'est pas l'ingénierie de surface, c'est la structure de la matière qui est géniale. C'est le cas de la nacre de la coquille d'ormeau qui a inspiré l'idée d'une céramique ultra-résistante à une équipe mixte de chercheurs issus du laboratoire de synthèse et fonctionnalisation des céramiques (CNRS/Saint-Gobain), du laboratoire de géologie de Lyon : Terre, planètes et environnement (CNRS/ENS de Lyon/Université Claude Bernard Lyon 1), et du laboratoire Matériaux : ingénierie et science (CNRS/INSA Lyon/Université Claude Bernard Lyon 1). Ce matériau bio-inspiré est près de dix fois plus résistant qu'une céramique classique. Le secret de la nacre vient de sa structure en lamelles enchevêtrées et superposées. Cette structure « oblige » les fissures à emprunter un chemin tortueux, rendant la rupture difficile, ce qui fait de ce matériau composite inspiré de la nacre un matériau extrêmement solide. De l'autre côté de l'Atlantique, les canadiens de McGill ont micro-fissuré du verre à la façon d'une coquille d'ormeau, ce qui l'a rendu 200 fois plus résistant.



La nacre de la coquille d'ormeau a inspiré l'idée d'une céramique ultra-résistante à une équipe mixte de chercheurs français.

The abalone's nacre shell has inspired the idea of an ultra-resistant ceramic to a joint team of french researchers.

When it's not about surface engineering, it is the structure of the material in itself that is great. This is what happens in the case of the abalone's nacre shell that inspired the idea of an ultra-resistant ceramic to a joint team of researchers from the Ceramics Synthesis and Functionalisation Laboratory (CNRS/Saint-Gobain), the Geology Laboratory of Lyon: Earth, Planets and Environment (CNRS/ENS Lyon/Université Claude Bernard Lyon 1), and the Materials: Engineering and Science Laboratory (CNRS/

INSA Lyon/Université Claude Bernard Lyon 1). This bio-inspired material is nearly ten times more resistant than a conventional ceramic. The secret of nacre comes from its "brickwork" structure of superimposed lamellae which "forces" cracks to propagate through a tortuous path, making them difficult to break thus making this nacre-inspired composite material extremely strong. On the other side of the Atlantic, McGill Canadians carried an experimentation and micro-cracked glass, imitating the structure of an abalone shell, making it 200 times stronger.



La startup Glowee rêve d'éclairage public alternatif généré grâce aux propriétés naturelles de micro-organismes.

The Glowee startup has the dream of an alternative public lighting generated by the natural properties of micro-organisms.



L'énergie, c'est le mouvement. C'est aussi la lumière, omniprésente, malgré les apparences, dans les grandes profondeurs. Plus vous descendez, plus vous trouvez de la lumière... vivante. C'est la bioluminescence des abysses. La bioluminescence est une réaction biochimique entre une protéine, la luciférine, et une enzyme, la luciférase. Un mystère percé par le physicien français Raphaël Dubois qui a montré que l'association luciférine/luciférase permettait de catalyser l'oxydation de la luciférine en présence d'oxygène, et l'émission de photons, donc de lumière. Plus de trois quarts des espèces animales vivant dans les profondeurs obscures des océans ont la capacité de produire de la lumière (Séverine Martini

Energy is movement. It is also light, which is omnipresent, despite appearances, in the deep. The deeper you go, the more light you find... alive. This is the bioluminescence of the abyss. Bioluminescence is a biochemical reaction between a protein called luciferin, and an enzyme named luciferase. The French physicist Raphaël Dubois revealed a mystery, and experimented that the combination of luciferin and luciferase can catalyse the oxidation of luciferin in the presence of oxygen resulting in the emission of photons, and therefore light. More than 75% of the animal species living in the darkness of the deep have the capacity to produce light (Séverine Martini and Steven Haddock,

et Steven Haddock, Institut de recherche de l'aquarium de Monterey Bay, California). La startup Glowee rêve d'éclairage public alternatif généré grâce aux propriétés naturelles de micro-organismes, des bactéries auxquelles on insère un gène qui permet la production de l'enzyme luciférase pour catalyser la réaction de bioluminescence. Par une autre approche, le laboratoire *Tangram Lab* du cabinet d'architecture du même nom, travaille, lui, en étroite collaboration avec l'Institut Méditerranéen d'Océanologie, et a été récompensé en janvier 2018, pour son projet *BiolumReef*, en recevant le prix « Coup de cœur du jury » du concours international de la *Fondation Jacques Rougerie*.

Monterey Bay Aquarium Research Institute, California). The Glowee startup has the dream of an alternative public lighting generated by the natural properties of micro-organisms. Here, a gene is inserted to bacteria allowing the production of luciferase to catalyse the bioluminescence reaction. Using a different approach, the laboratory *Tangram Lab* from the architecture office of the same name, works in close collaboration with the Mediterranean Institute of Oceanology. In January 2018, on the occasion of the Jacques Rougerie Foundation's international contest, the lab was awarded the "Jury's Favourite" prize for its *BiolumReef* project.



Après la lecture de cet article vous ne marcherez plus jamais de la même façon sur ces petits serpentins de sable que vous y observez...
After reading this paper, you will never walk again, the way you used to do, on those little swirls made of sand you see here and there...

Parfois, l'océan est aussi le règne de l'invisible, et parfois cet invisible se cache à seulement quelques centimètres de nos orteils, sur les plages, à marée basse, en Bretagne. Après la lecture de cet article vous ne marcherez plus jamais de la même façon sur ces petits serpentins de sable que vous y observez, et vous aurez surtout une histoire fantastique à raconter à vos enfants et petits-enfants. C'est celle du chercheur, devenu entrepreneur, Franck Zal et de son ver marin, l'arénicole. Spécialiste des flux sanguins et du transport d'oxygène, le docteur Zal s'intéressait aux conditions de survie d'organismes marins en milieux extrêmes, lorsqu'un jour, en bon breton et chercheur du CNRS, il s'interrogea sur le secret de l'*arenicola marina* pour « survivre » à marée basse : le ver, privé de son apport en oxygène en attendant le retour de la mer, réussissait la performance de tenir plus de 6 heures en apnée, le rêve de Jacques Mayol. En l'étudiant plus avant, Franck Zal fit une découverte prodigieuse et fantastique : une forme d'hémoglobine extracellulaire qui capte et séquestre l'oxygène en haute densité, mais surtout une hémoglobine transfusable à l'homme, compatible avec tous nos rhésus, et lyophilisable ! Autrement dit, une poche de sang universelle qui peut se conserver et être disponible partout, y compris sur des théâtres d'opérations sanitaires en cas de catastrophes naturelles, ou sur des zones de conflits armés. Les applications sont extraordinairement intéressantes, pour augmenter la durée de vie des greffons dans l'attente de greffes, ou pour améliorer les conditions de cicatrisations en cas de chirurgies complexes.



Sometimes the ocean is also the reign of the invisible. An invisible that is sometimes hidden only a few centimetres from our toes, on the beaches, at low tide, in Brittany. After reading this paper, you will never walk again, the way you used to do, on those little swirls made of sand you see here and there. You may even have an incredible story to tell to your children and grandchildren. This is the story of the researcher, who founded a business, Franck Zal and his sandworm, *Arenicola marina*.

As a researcher specialising in blood flow and oxygen transport, Dr. Zal was interested in the survival conditions of marine organisms in extreme environments, when one day, as an authentic Breton and CNRS researcher, he became interested in the secret of the *Arenicola marina*, wondering how this animal could "survive" at low tide. The worm, deprived of its oxygen supply while waiting for the sea to come back at high tide, was able survive for more than 6 hours without breathing: Jacques Mayol's dream. Going further in his research work, Franck Zal made a prodigious and fantastic discovery. He found a form of extracellular haemoglobin that could capture and retain oxygen at a high density, but above all a haemoglobin that could be transfused to humans, compatible with all our rhesus, and freeze-dried! In other words, a universal blood bag that can be stored and made available eve-

Pour rester dans le domaine médical, et toujours dans les prodiges de la nature, intéressons-nous à la crevette-mante ou «squille multicolore» (*Odontodactylus scyllarus*), animal que l'on retrouve dans l'océan Indien et dans la partie occidentale de l'océan Pacifique. La squille peut asséner des coups d'une force atteignant des milliers de fois son propre poids (jusqu'à 1 500 newtons), pour briser les coquilles des délicieuses bivalves dont elle se nourrit... mais aussi les vitres des aquariums. Attention aux doigts ! Étudiée donc pour la confection de matériaux ultra-résistants, cette crevette mante fait également l'objet de l'intérêt des chercheurs pour ses yeux étonnants. Ces derniers sont en effet composés d'ommatidies, elles-mêmes constituées de cellules photo-réceptrices possédant de fins prolongements cellulaires, des microvillosités, qui peuvent filtrer la lumière polarisée, une lumière qui «vibre» dans une seule direction. La filtrer permet de mieux détecter les contrastes (pensez aux filtres sur les appareils photos ou les lunettes de soleil), mais également... les cancers ! Ces derniers réfléchissent en effet la lumière polarisée différemment par rapport aux tissus sains. Cette propriété a inspiré Justin Marshall et ses collègues de l'Université du Queensland en Australie pour la fabrication d'une caméra détectant les tumeurs, chose que notre système visuel est normalement incapable de faire. Ici, la caméra convertit des images invisibles pour nous, en couleurs que nous pouvons percevoir, révélant les tissus infectés.

La mer c'est aussi l'habitat - pour l'homme comme nous invite à en rêver l'architecte océanographe Jacques Rougerie -, mais bien sûr, avant tout, pour les organismes marins eux-mêmes. Créez les conditions d'un habitat et vous (re)créerez les conditions de la vie, c'est l'approche des nurseries régénératives, pour ne plus seulement protéger et cesser de détruire, mais régénérer, repeupler. C'est la nouvelle exigence. C'est, par exemple, le projet de récif artificiel de grande profondeur *Bathy Bot* réalisé en béton par impression additive par le collectif *Vicat, Tangram Architectes, Fondation Jacques Rougerie, Soliquid* et le *Mediterranean Institute of Oceanography*. Ce colonisateur artificiel en milieu profond sera immergé au fond de la Méditerranée, par le *Nautile* de l'*Ifremer*, au printemps 2020.

Une autre forme de nurserie, inspirée cette fois-ci des oursins-dia-dèmes, est développée par la startup marseillaise *Seaboost*. Cette structure a pour vocation de proposer des micro-habitats/nurseries pour poissons sur les sites côtiers abîmés : quais, pontons, plates-formes *off-shore*, digues... Les fonctions d'habitat, de nurserie, de substrat des oursins-dia-dème sont particulièrement appréciées de certaines espèces juvéniles qui y trouvent refuge. En mixant génie maritime et génie écologique, la startup vise notamment à favoriser la régénération et la survie des espèces marines dans les bassins portuaires.

Enfin, pour terminer ce voyage et relier la mer à la terre, nous pouvons parler des micro-algues urbaines. Les micro-algues sont des micro-organismes capables de se développer aussi bien dans les eaux douces que dans les eaux de mer. Elles peuvent réaliser la photosynthèse en synthétisant de la matière organique à partir du dioxyde de carbone et de l'eau, tout en libérant de l'oxygène. Leur rôle est primordial dans la quantité d'oxygène disponible sur terre. En outre, ces micro-algues ont également un intérêt dans le



X-TU architects a collaboré avec le laboratoire CNRS «GEPEA» de l'université de Nantes et avec *AlgoSources Technologies* pour développer un concept de culture de micro-algues sur les murs de nos villes.

X-TU architects collaborated with the CNRS laboratory "GEPEA" from the University of Nantes and with *AlgoSources Technologies* to develop a concept that aims at growing microalgae on the walls of our cities.

rywhere, including in areas requiring medical operations in the event of natural disasters, or in areas of armed conflicts. The applications are extraordinarily interesting, to increase the viability of the grafts before patients are operated, or to enhance the healing conditions in case of complex surgeries.

To stay in the medical field, and still among the wonders of nature, let's take a look at the peacock mantis shrimp or "multicoloured shrimp" (*Odontodactylus scyllarus*), an animal found in the Indian Ocean as well as in the western part of the Pacific Ocean. This shrimp can strike with a force thousands of times greater than its own weight (up to 1500 newtons), to break the shells of the delicious bivalves it preys on ... and also the glass of aquariums. Watch your fingers! Thus, studied for its interest in the process of manufacturing ultra-resistant materials, this mantis shrimp also interests researchers for its stunning eyes. They are actually made of ommatidia, which are themselves constituted of photoreceptor cells with fine cellular extensions, microvillosities, that can filter polarized light, a light that "vibrates" in a single direction. Filtering such light allows enhanced detection of contrasts (think of filters on cameras or sunglasses), but also ... cancer! Indeed, in cancers, reflexion of polarized light is different as from healthy tissues. This property inspired Justin Marshall and his colleagues from the University of Queensland in Australia to develop a camera that detects tumours, something our visual system is normally unable to do. Here, the camera converts invisible images into colours we can perceive, revealing affected tissues.

traitement des eaux usées, en raison de leur capacité à apprécier le phosphate, l'azote et le soufre. X-TU architects a collaboré avec le laboratoire CNRS «GEPEA» de l'université de Nantes et avec *AlgoSources Technologies* pour développer un concept de culture de micro-algues sur les murs de nos villes. Pour cela, ils ont créé des photo-bioréacteurs plans où les micro-algues poussent dans une lame d'eau de quelques centimètres d'épaisseur comprise entre deux parois de verre. Ces dernières fonctionnent alors comme des panneaux solaires thermiques qui permettent de réguler la température du bâtiment, été comme hiver. L'économie sur les besoins énergétiques du bâtiment peut atteindre 50%. Au delà des aspects énergétiques, les micro-algues produites peuvent aussi être récoltées à des fins alimentaires ou cosmétiques et d'autres expérimentations sont également en cours pour les mettre au service de la dépollution de l'air. Pour toutes ces raisons, l'algo-culture a de belles perspectives de développement pour nos habitats et villes de demain. Les micro-algues jouent aussi un rôle important dans le cycle du carbone. Leur sensibilité à certains polluants leur donne également une qualité de bio-indicateur.

La mer finalement n'est jamais loin de nos vies, et l'océan, par la richesse et le génie de sa stupéfiante biodiversité marine, est au cœur de notre futur. La France a un rôle majeur à jouer, par la compétence académique et industrielle de ses équipes de recherche dans le domaine du biomimétisme marin, mais aussi par la taille et la richesse de son domaine maritime, le deuxième au monde après les Etats-Unis grâce à ses territoires ultramarins. ■

The sea is also a home - for mankind, as oceanographer Jacques Rougerie invites us to dream of - but of course, above all, for marine organisms themselves. Create the conditions of a habitat and you will (re)create the conditions of life, this is the approach of regenerative nurseries, to no longer just protect and stop destroying, but regenerate and repopulate. This is the new requirement. This is, for example, the *Bathy Bot* deepwater artificial reef project made of concrete by additive manufacturing by the *Vicat* collective, *Tangram Architects*, *Fondation Jacques Rougerie*, *Soliquid* and the *Mediterranean Institute of Oceanography*. This artificial deepwater reef will be immersed in the Mediterranean Sea by the *IFREMER's* submarine *Nautile* in the spring of 2020.

Another form of nursery, this time inspired by sea urchins, is being developed by the startup *Seaboost*, in Marseille. The purpose of this structure is to offer micro-habitats/nurseries for fish on damaged coastal sites: quays, pontoons, offshore platforms, piers, etc. The habitat, nursery and substrate functions of the sea urchins are particularly appreciated by certain juvenile species that find refuge there. By combining marine and ecological engineering, the startup is particularly focusing on the regeneration and survival of marine species in harbour basins.

Let's end this journey talking about urban micro-algae to underline the link that exists between the sea and the land. Microalgae are micro-organisms capable of growing in both fresh and sea water. They enable the process of photosynthesis by synthesizing organic matter from carbon dioxide and water, while releasing oxygen. They play a major role in the quantity of oxygen available on Earth. In addition, because of their ability to appreciate phosphate, nitrogen and sulphur, these microalgae are particularly interesting and useful in terms of wastewater treatment. X-TU architects collaborated with the CNRS laboratory "GEPEA" from the University of Nantes and with *AlgoSources Technologies* to develop a concept that aims at growing microalgae on the walls of our cities. To achieve this, they created flat photo-bioreactors where microalgae grow within a layer of water of a few centimetres retained between two glass walls. They work as thermal solar panels that regulate the temperature of the buildings in summer and winter. The savings on the energy needs of the building can reach 50%. Beyond the energy aspects, the micro-algae produced can also be harvested for food or cosmetic purposes. Other experiments are also underway to use them for air pollution control. For all these reasons, the development of algo-culture has become a major perspective for our future habitats and cities. Microalgae also play an important role in the carbon cycle, and their sensitivity to certain pollutants make them efficient bio-indicators.

In the end, the sea is never far from our lives, and the ocean, with the richness and genius of its amazing marine biodiversity, is at the heart of our future. France has a major role to play, through the academic and industrial competence of its research teams in the field of marine biomimicry, but also through the size and richness of its maritime domain, the second largest in the world after the United States, thanks to its overseas territories. ■