

Valorisation industrielle et culture de Microalgues - CAPACITÉS

<https://www.synoxis-algae.com/choisir-son-systeme-de-culture-de-microalgues/>

Un système fermé aura pour avantage de protéger les microalgues de toute menace extérieure (bactéries, contaminants...). De plus, il permet une meilleure maîtrise de l'environnement grâce à l'ajustement des différents paramètres de culture par le biais d'un système de pilotage.

D'autre part, les systèmes ouverts présentent eux aussi leurs avantages. Ils sont généralement moins chers à l'achat et plus rapide à prendre en main.

Votre outil de production va donc dépendre du type de microalgue cultivée ainsi que le marché que vous souhaitez adresser. Par exemple, la culture d'*Isochrysis galbana* affinis Tahiti reste très périlleuse et non-pérenne dans un système ouvert mais se mène efficacement en système fermé. La culture de spiruline peut s'effectuer tant dans un système ouvert qu'un système fermé, cependant la cultiver dans un système fermé est préférable pour la vendre en biomasse fraîche pour l'alimentation humaine pour des raisons évidentes de sécurité et d'hygiène.

<https://www.synoxis-algae.com/>

Le projet SymBio2, labellisé par Valorial et co-labellisé par Advancity, est un **projet de systèmes hybrides et intégrés de production de microalgues**. Il applique le concept de **symbiose entre des bâtiments et des systèmes de production contrôlée et régulée de microalgues**.

Dans le cadre de ce projet, AlgoSolis héberge le pilote d'étude, appelé Symbio2Box, permettant d'étudier et optimiser à l'échelle pilote la culture solaire de microalgues en façades de bâtiment, ainsi que la symbiose thermique avec le bâtiment. La Symbio2Box a été conçue pour cela afin de simuler différentes configurations de bâtiments (usine, bâtiment tertiaire, immeuble).

Partenaires du projet :

- XTU Architects
- AlgoSource Technologies
- Séché Environnement
- Viry (Groupe Fayat)
- R.F.R
- OASIIS
- Kalitec Génie climatique
- Laboratoire GEPEA
- CSTB

<https://www.formule-verte.com/microalgues-pilote-en-vue-pour-le-projet-symbio2/>

Des murs rideaux constitués de photobioréacteurs

S'il existe déjà un immeuble à Hambourg où sont apposés des photobioréacteurs en façade, Olivier Scheffer explique que le projet de SymBIO₂ est différent dans la mesure où il vise à mettre au point des « *panneaux de mur rideau photobioréacteurs* » qui

seront l'enveloppe même du bâtiment : ils assureront le clos-couvert et les étanchéités du bâtiment, tout en produisant de la biomasse algale. « *Il s'agit d'installer des façades de 3^e génération qui sont actives thermiquement, productives et plus environnementales, avec la captation du CO₂ à la source pour alimenter les microalgues. Une algoculture urbaine verticale et plus durable* » ajoute O. Scheffer. **En effet, la culture de microalgues entraîne la production de chaleur qu'il convient d'évacuer grâce à des échangeurs thermiques, et qui sera valorisée pour les besoins du bâtiment. Quant à la biomasse algale produite, elle est régulièrement récoltée par vidange des photobioréacteurs, puis séchée jusqu'à l'obtention d'une pâte à 10-15% d'humidité qui est immédiatement congelée. De cette pâte sont ensuite extraits par des tiers des molécules à haute valeur ajoutée. Par exemple, l'usage de la microalgue *Haematococcus pluvialis* pourrait conduire à la production d'astaxanthine.**

<https://www.formule-verte.com/symbio2-pour-cultiver-des-microalgues-dans-les-villes/>

Labellisé par le pôle de compétitivité Valorial et co-labellisé par Advancity, le projet Symbio2, d'un montant global de 4,9 millions d'euros, recevra 1,7 M€ du Fonds Unique Interministériel (FUI 15), dans le cadre du 15^e appel à projets des pôles de compétitivité. Porté par le groupe Séché, en collaboration avec les entreprises X-TU Architects, Oasiis et AlgoSource Technologies, ainsi que par le Laboratoire GEPEA (Université de Nantes, Ecole des Mines de Nantes, Oniris, CNRS), ce projet se propose de cultiver des microalgues sur les façades de bâtiments (usines, immeubles de travail ou d'habitation), en vue d'une valorisation énergétique ou chimique de ces microalgues – ceci pour éviter des mises en cultures au sol qui mobilisent de très importantes surfaces et exploiter les milliers d'hectares verticaux de façades exposées au soleil.

Le projet ne part pas de zéro. Depuis 2007, le cabinet d'Architecte X-TU mène en effet une réflexion sur le thème des « *bâtiments transformateurs* » qui a débouché, en partenariat avec le GEPEA, **sur la mise au point de photobioréacteurs plans pouvant être intégrés au sein de façades, à l'image de capteurs solaires. Ils se présentent sous la forme de modules plats qui renferment une lame d'eau de quelques centimètres où se fait la culture des algues.** Des modules sont ensuite assemblés pour couvrir une surface donnée et connectés entre eux par un système hydraulique permettant la circulation d'eau et des microalgues. Les microalgues sont des organismes à croissance rapide qui peuvent être récoltées régulièrement (tous les 1 ou 2 jours) pour subir ensuite un traitement dans une unité extérieure.

La proposition pourrait sembler saugrenue. Pourtant, il y a déjà des projets concurrents dans le monde, dont le projet allemand BIQ. Mais Anouk Legendre, directrice de l'agence XTU Architects, explique que la force des « *biofaçades* » inventées par sa société est que ces doubles façades forment une espèce de serre verticale et permettent ainsi de réduire la consommation énergétique tant des cultures de

microalgues que du bâtiment. Fermé l'hiver, l'espace entre la façade et les photobioréacteurs produit un effet de serre. Ouvert en été, il permet une ventilation des façades, tout en servant d'ombrière au bâtiment.

Séché va construire un pilote à Nantes

Spécialiste de la gestion des déchets (et non de la valorisation des algues), le groupe Séché intervient dans le projet en tant qu'utilisateur car il va être le premier à installer cette technologie sur sa centrale de valorisation des déchets ménagers Alcéa à Nantes Métropole. **Cette installation fera office de pilote pour tester la faisabilité de la technologie et l'intérêt de cette « symbiose » entre bâtiments et microalgues, dont les premières simulations effectuées par Oasiis permettent d'espérer des réductions de 50% des besoins de chauffage et rafraîchissement pour un bâtiment RT2012 et de 80% des besoins de régulation thermique pour les cultures de microalgues par rapport aux cultures en bassins.**

Par ailleurs, cette culture d'algues pourra pleinement bénéficier de l'énergie fatale dégagée par l'usine d'incinération et éventuellement du CO₂ qui pourra être réinjecté dans les cultures, afin de stimuler la productivité des algues. L'installation des modules va débuter milieu-fin 2014, pour une livraison 2015. *« Depuis 4 ans en Poitou Charentes, nous travaillons avec la plateforme Valagro sur la valorisation de la chaleur fatale, à travers des projets dans le biogaz ou la cogénération. Ce projet est une composante supplémentaire dans la palette des outils de valorisation énergétique que pourra proposer le groupe Séché »* explique Jean-François Bigot, directeur des grands projets chez Séché. En attendant, un banc d'essai de petite dimension, baptisé SymBio₂-BOX, construit par X-TU Architects et instrumenté par le GEPEA, sera bientôt inauguré à Saint-Nazaire.

Une valorisation des microalgues

Une fois récoltées, les microalgues produites seront ensuite raffinées. Si la production de biodiesel peut apparaître comme un objectif à atteindre, il faudra attendre une montée en puissance des volumes de production pour arriver à la viabilité économique. En attendant, Philippe Dreno, Directeur de la Stratégie d'AlgoSource Technologies, société experte en ingénierie et valorisation de cultures de microalgues, conseille de se focaliser sur des **molécules d'intérêt à plus forte valeur ajoutée comme l'astaxanthine, la spiruline, la phycocyanine ou les acides gras Oméga-3**. La production de telles molécules pourrait constituer une source de revenus pour un investisseur qui déciderait d'installer une double façade de photobioréacteurs sur son immeuble.

Avant d'en arriver là, il reste de nombreux sujets de R&D à régler. Mais si le projet se concrétise, une société commune de commercialisation et d'exploitation des façades

pourrait voir le jour avec des débouchés plus qu'évidents en Asie, où le manque de surfaces cultivables va de pair avec l'urbanisation des territoires.

Projet algues cosmétiques :

<https://www.formule-verte.com/lancement-du-projet-collaboratif-algraal-pilote-par-seppic/>

Entreprises du domaine :

Fermentalg

AlgoSource

Seppic

Capacités

Bénéfices algues : <https://www.fermentalg.com/raison-detre/?lang=fr>

Débouchés des micro algues (oméga 3, colorants naturels) :

https://www.lesechos.fr/weekend/business-story/fermentalg-microalgues-maxi-debouches-1287589#utm_source=le%3Alec0f&utm_medium=click&utm_campaign=share-links_linkedin

Vidéos puit de carbone : <https://www.fermentalg.com/solutions/purification-dair/?lang=fr>

Types algues :

<https://algosource.com/nutraceutique/>

<https://algosource.com/cosmetique/>

Projet biofaçades Chine

<https://www.divercitymag.be/fr/depolluer-lair-grace-a-des-immeubles-dalgues-2/>

Reste que pour l'heure, la façade coûte (très) cher: 2.500 euros par mètre carré, en incluant l'ouvrage hydraulique. Après l'or noir, voici donc l'or vert. Avec un nom impossible: Haematococcus pluvialis.

https://www.pole-valorial.fr/voy_content/uploads/2015/12/151127_-_cp_-_symbio2_-_algonomad_paris_de_l_avenir.pdf

Et si l'océan tout proche détenait les solutions aux enjeux de la ville durable? Les microalgues peuplent les océans, lacs et cours d'eau depuis plus de 3,5 milliards d'années et sont à la source de la chaîne alimentaire et à l'origine de notre atmosphère respirable grâce à la photosynthèse. Elles sont l'un des principaux puits de carbone de la planète, absorbant 30% du CO2 émis par les activités humaines, et concourent ainsi à limiter le dérèglement climatique. Aujourd'hui la filière « Algoculture » est en croissance exponentielle: les microalgues remplacent déjà la pétrochimie pour produire les molécules essentielles dont nous avons besoin pour la santé, la cosmétique, et l'alimentation. A terme elles fourniront des biomatériaux et de l'énergie renouvelable. SymBIO2 : tout le potentiel des microalgues intégré au sein de biofaçades pour une ville plus durable Le pari de l'agence XTU et de ses partenaires du consortium SymBIO2 est de développer aujourd'hui des technologies très innovantes afin de capter cet énorme potentiel pour rendre nos villes plus durables : des « biofaçades » intégrant des cultures de

microalgues et améliorant l'empreinte environnementale du bâtiment. Doux rêve d'architecte ? Loin s'en faut: après 7 années de R&D, et des prototypes validés sur un banc d'essai en 2013, SymbIO2 construit une biofaçade pilote de 200 m² sur le site du CSTB, et un bâtiment de logements arborant une biofaçade de presque 1.000 m², proposé par BPD Maignan, Groupe SNI, XTU Architects et SymbIO2, a été retenu en finale du concours Réinventer.Paris.

AlgoNOMAD, un pavillon de sensibilisation à l'algoculture urbaine et aux «biofaçades» Inventé par XTU Architects, « AlgoNOMAD » a vocation à immerger le grand public dans un futur urbain bio-inspiré, où les microalgues seraient cultivées sur nos façades et nos routes faites d'algobitumes, où le phytoplancton nettoierait nos eaux usées tout en produisant des molécules de substitution à la filière pétrochimique, et où les avions voleraient aux algocarburants. Le Pavillon lui-même arbore quatre capteurs solaires biologiques (photobioréacteurs de microalgues) bien réels, ainsi que de nombreux exemples d'applications au stade laboratoire ou d'innovations industrielles des partenaires qui soutiennent le projet.

https://www.pole-valorial.fr/success_stories/article-symbio2-algonomad/?cn-reloaded=1

Système innovant, intégré et hybride de production de microalgues à visée alimentaire par symbiose avec des bâtiments industriels et/ou urbains.

Exposés à la COP21 !

Interview d'Olivier Scheffer, Directeur R&D de XTU, partenaire du projet/consortium SymbIO2, dans le cadre de l'exposition du pavillon AlgoNOMAD aux Paris de l'avenir, à la COP21.



Quel était l'objectif principal de ce *projet d'innovation collaboratif* ?

Les microalgues représentent un fabuleux potentiel tant par les services environnementaux rendus (captation du CO₂, production d'oxygène, nettoyage des eaux usées,...) que par leur richesse et biodiversité moléculaire (très fortes concentrations en protéines, glucides, lipides, vitamines, acides gras poly-insaturés, antioxydants, immuno-stimulants,...).

L'objectif du projet SymBIO₂ est de démontrer la viabilité technique et économique de cultiver des microalgues au sein de façades de bâtiments, afin de valoriser tous ces bénéfices pour une ville plus durable. Pour cela il faut qu'il y ait un double intérêt : pour l'algoculteur, qui sinon continuera à cultiver ses microalgues de manière classique en bassins sous serres, et pour le bâtiment, qui héberge les cultures. Le système proposé s'inspire des symbioses naturelles – d'où son nom SymBIO₂ – et de l'écologie industrielle : associer deux programmes de manière synergique pour diminuer les coûts de chaque système. En d'autres termes : $2+2=3$!

En quoi est-ce *une « véritable » innovation ?*

La principale innovation, brevetée par XTU (2009), consiste en l'association de systèmes de cultures de microalgues (photobioréacteurs) au sein de « biofaçades » de bâtiments, tout en optimisant les échanges thermiques et chimiques entre microalgues et bâtiment. Ainsi, maintenue à 25°C en moyenne par l'algoculteur, la biofaçade agit comme une double-peau active et thermiquement régulatrice pour le bâtiment.

Par ailleurs, la chaleur en excédent dans les photobioréacteurs est extraite et valorisée pour le préchauffage des eaux chaudes sanitaires ou pour le chauffage l'hiver. Enfin, le CO₂ émis par la chaudière du bâtiment est injecté dans les cultures. En résulte une façade de nouvelle génération, productive de biomasse, thermiquement active, et plus environnementale.

A la clé, les simulations et premiers tests sur banc d'essai laissent espérer des économies de près de 50% des consommations énergétiques de chauffage et climatisation pour le bâtiment (base RT 2012), et de près de 80% pour la régulation thermique des cultures pour l'algoculteur, et un bâtiment qui peut aller chercher des certifications environnementales exigeantes. Et surtout, une biofaçade qui se rembourse sur 15 à 20 ans grâce à l'activité de l'algoculteur.



En quoi cette innovation est-elle différente du projet anglo-allemand BIQ à Hambourg de 2013, dont la façade « Solar Leaf » disposait aussi de photobioréacteurs ?

La différence est fondamentale : ARUP, SSC et COLT ont uniquement apposé des photobioréacteurs sur la façade du BIQ, un peu à la manière de capteurs solaires thermiques ou photovoltaïques sur le toit de votre maison.

La biofaçade SymBIO2 intègre des photobioréacteurs au sein de la façade, qui elle, dispose de toutes les fonctions d'une enveloppe de bâtiment : étanchéité à l'air, à l'eau au vent (AEV), performance thermique (RT 2015, voire 2020). On peut parler dans notre cas d'un « panneau de mur-rideau photobioréacteur », qui remplace les panneaux vitrés classiques de mur-rideaux en façades de bâtiments, avec des performances largement supérieures – ce qui sera utile dans le neuf mais surtout dans la rénovation thermique du parc immobilier ancien.

Les bénéfices thermiques du système de biofaçade intégrée SymBIO2 devrait déboucher sur un bilan énergétique bien plus favorable que le système « Solar Leaf », tant pour les cultures de microalgues que pour le bâtiment. Dans notre cas, c'est la viabilité du modèle économique qui a guidé toutes les étapes de l'innovation.

Où en êtes-vous aujourd'hui ? Quelles sont les prochaines étapes et les marchés que vous visez ?

Après sept années de R&D et des premiers prototypes unitaires validés au GEPEA à Saint-Nazaire en 2013, le consortium SymBIO2 va livrer au printemps une 1ère mondiale sur le site du CSTB à Champs-sur-Marne : une 1ère biofaçade intégrée de 200 m² sur un bâtiment d'expérimentation mis à disposition par le CSTB.

Ce pilote industriel, réalisé par VIRY dans le cadre du programme de recherche SymBIO2 des pôles Valorial et Advancity lauréat en 2013 du Fonds Unique Interministériel 15 (4,8 M€ et 1,75 M€ de subventions du MEDDE, des régions Ile-de-France et Pays de la Loire et de la Mairie de Paris), va permettre de tester à grande échelle le fonctionnement de différentes solutions d'enveloppes intégrant des photobioréacteurs, et de mesurer en conditions réelles les bénéfices énergétiques escomptés.

Il va également permettre de lancer des faisabilités de cultures de microalgues hyper-sensibles à haute valeur ajoutée, comme par exemple *Haematococcus Pluvialis*, afin de produire de l'Astaxanthine.

XTU et le promoteur BPD Marignan, avec le consortium SymBIO2, sont également en finale du concours Réinventer.Paris pour un bâtiment arborant près de 1.000 m² de biofaçade et mobilisant un groupement académique pour valoriser les microalgues produites pour la recherche médicale.

Vous vous êtes engagé dans ce projet d'innovation collaboratif avec plusieurs partenaires privés et académiques notamment :

innover en mode collaboratif, ça représente quoi pour vous ?

Même si XTU a démarré sur le concept de biofaçades dès 2008 en menant plusieurs études de faisabilité sur des tours à la Défense et à Paris pour le promoteur ICADE, ce n'est qu'à partir de 2011 qu'un réel engagement sur fonds propres a été consenti (près de 15% du CA de l'agence depuis 2011) et qu'un consortium a été progressivement mis en place.

Un premier contrat-cadre de 5 ans a été scellé en 2012 avec le GEPEA pour le développement, en collaboration avec le BET R.F.R, des premiers prototypes de photobioréacteurs de façades à partir des photobioréacteurs airlift verticaux du laboratoire, ainsi que pour leur test sur un banc d'essai conçu avec l'appui du BET environnemental OASIS, la participation de Séché

Environnement, ainsi que le soutien financier de la région Ile-de-France côté XTU et des collectivités locales et régionales côté GEPEA (CARENE, Nantes Métropole, CCI Nantes-Saint-Nazaire, Loire-Atlantique, Pays de la Loire).

Puis la même année, AlgoSource Technologies a rejoint ces premiers acteurs pour former le consortium SymBIO2, qui s'est élargi en 2015 à VIRY (filiale du groupe FAYAT), Kalitec Génie Climatique, et enfin au CSTB, qui intervient en support à l'expérimentation sur le pilote industriel. Aujourd'hui, SymBIO2 regroupe donc 10 partenaires et sous-traitants de 1er rang, allant de laboratoires publics (GEPEA, LHEEA) à des industriels (Séché Environnement, VIRY, Kalitec), en passant par des bureaux d'ingénierie (R.F.R, OASIS, AlgoSource Technologies), un organisme certificateur (CSTB) et ... une agence d'architecture un peu atypique !

Un projet aussi hybride que les biofaçades n'aurait tout simplement pas pu être développé sans pouvoir croiser les expertises de toutes les disciplines concernées, de la microbiologie à la physique du bâtiment. Cela nécessite une coordination et une animation de tous les instants, et nous a valu des séances de design collaboratif mémorables ! Mais la sortie du pilote industriel ces prochaines semaines montre qu'il est possible d'innover ensemble au sein d'un écosystème pluridisciplinaire. C'est aussi la démonstration de l'intérêt du travail des pôles de compétitivité, comme Valorial et Advancity, qui nous ont soutenu dans ce projet !



> Voir la vidéo sur SymBIO2 « Des algues dans nos villes » sur Le Monde.TV

Projet retenu à l'AAP FUI 15, labellisé par Valorial et Advancity (Ville et Mobilité Durables).

Crédits photo : CESE – X-TU Architects – Olivier Scheffer

<https://www.bouygues-construction.com/blog/fr/reflexions-prospectives/algues-facade-culture/>

MARDI 3 MARS 2020

Au printemps 2013, à Hambourg, un nouvel immeuble défraie la chronique. Le bâtiment de logements « Bio Intelligent Quotient » (B.I.Q.) comporte en effet, sur 4 étages, des volets de façade abritant un élevage d'algues. Concrètement, il s'agit de caissons verticaux assez plats, vitrés sur leurs deux grandes faces, et contenant un liquide rempli d'algues microscopiques lui donnant une [teinte verdâtre](#). Les 127 volets sont disposés sur les façades les plus exposées au soleil de ce bâtiment dont la conception technique a été portée par le bureau d'études Arup.

Des algues en façade ? Pour quoi faire ?

Les caissons, appelés bioréacteurs, fournissent un milieu de culture permettant aux algues de se démultiplier en capant l'énergie lumineuse par photosynthèse. À Hambourg, ces algues sont ensuite récupérées afin d'être utilisées comme biomasse pour produire du gaz de chauffage, et éviter ainsi le recours à des carburants fossiles. Le liquide des panneaux, chauffé au soleil, sert également pour produire de l'eau chaude à la manière d'un panneau solaire thermique. Ce dispositif complexe contribue ainsi grandement à réduire la consommation énergétique du [bâtiment](#).

Mais d'autres utilisations sont depuis envisagées. Ainsi, l'algue *Haematococcus Pluvialis*, dont la culture en panneaux de façades a été testée, produit un antioxydant utilisé comme [complément alimentaire](#). On évoque la possibilité de produire des protéines végétales à partir d'algues comme l'*Anthrospira*. Au-delà de l'alimentation,

les cosmétiques utilisent la poudre de polysaccharide, et les résidus de micro-algues pourraient constituer un ingrédient du bio-bitume et constituer une matière première bio-sourcée pour les Travaux Publics. Sans compter que le phytoplancton pourrait, comme celui présent dans les océans, capter le CO2 de l'atmosphère : 1 mètre cube de micro-algues posséderait la même capacité de photosynthèse que 80 à 100 [arbres](#).

Les scientifiques s'investissent

En France, le CNRS et l'université de Nantes ont inauguré en 2015 la plateforme AlgoSolis afin d'expérimenter la culture solaire de micro-algues. Sur un site de 2000 mètres carrés, les chercheurs testent diverses algues dans différents modèles de bioréacteurs. Ces recherches permettent d'identifier les meilleurs dispositifs techniques pour la culture d'algues, et de paramétrer au mieux les dispositifs d'ajustement de la température, du pH et des nutriments. Ces paramètres régulés par le bioréacteurs diffèrent en effet pour chaque espèce végétale.

Ces progrès techniques trouvent leur application dans le bâtiment grâce à l'implication du CNRS et de l'université de Nantes dans le consortium SymbIO2, aux côtés du GEPEA, du bureau d'études OASIS, du CSTB ainsi que de plusieurs entreprises spécialisées et de l'agence d'architecture XTU. Anouk Legendre, architecte, souhaite ainsi promouvoir dans le bâtiment le concept de symbiose : les interactions biologiques réciproquement profitables entre plusieurs organismes vivants.

Vers l'industrialisation des panneaux de façade ?

L'expérimentation des bioréacteurs de SymbIO2 est déjà un succès. Le CSTB a ainsi installé 200 mètres carrés de bioréacteurs sur la façade de son bâtiment à Champs-sur-Marne en 2016. Le test a permis lors des deux premières années de tester la croissance de deux types d'algues différentes, offrant différents débouchés. Ce succès opérationnel devrait permettre de généraliser ce type de façades à l'échelle de [bâtiments entiers](#). Le groupement a ainsi participé au projet In Vivo, lauréat de la consultation **Réinventer Paris en 2016, dans lequel l'immeuble Algo House en projet comporte une large surface de bio-réacteurs en [mur-rideau](#). Un premier pas vers l'industrialisation en France, avec l'aval du CSTB ? Pour le moment et quatre ans après la consultation, le chantier de ce projet n'a pas encore démarré.**

A l'international, la réflexion avance également. Lors d'une conférence en 2017 à Singapour, un groupe de chercheurs du Georgia Institute of Technology propose une intégration au BIM des bioréacteurs [d'élevage d'algue](#). Il ne s'agit pas seulement de créer un composant BIM correspondant à ce panneau, mais aussi de modéliser le fonctionnement physique du panneau pour simuler la capacité de production d'algue selon l'orientation des façades, l'exposition au soleil et au vent, la température extérieure, etc. Une avancée vers l'utilisation intelligente de cette technologie dans les conditions les plus appropriées.

Certains imaginent même de nouveaux modèles économiques pour la culture d'algues. La start-up française Urban Algae propose ainsi aux propriétaires immobiliers d'investir dans des bioréacteurs qui prennent la forme de tubes de verre, et de les disposer sur les toits ou sur les façades. La start-up s'occupe elle-même de la culture des algues, et reverse une partie des revenus tirés de la revente des algues aux propriétaires.

Toutefois, les exemples concrets manquent pour avoir une vision large de ce concept d'élevage d'algues et de sa rentabilité potentielle. Au-delà des effets déjà décrits, les panneaux pourraient avoir un rôle bioclimatique en réduisant la transmission de chaleur en été. Mais est-ce vraiment efficace ? Il semble également que la productivité de ces

panneaux soit légèrement inférieure à leur équivalent industriel. Les bailleurs et copropriétés sont-ils prêts à prendre le risque d'entretenir ces dispositifs complexes pour en tirer ces quelques avantages ? Nous ne le savons pas. Mais les idées ne manquent pas, avec notamment, toute droit sortie des rêves de l'agence d'architecture XTU, une ville chinoise futuriste tout de vert fluorescent, qui répondrait à ses propres besoins de ressources d'énergie et de nourriture grâce à des façades entièrement recouvertes de culture d'algues.

<https://insis.cnrs.fr/fr/cnrsinfo/biofacade-deux-annees-de-culture-dalgues-front-dimmeuble>

Au moment de choisir un endroit où cultiver des algues, la devanture d'un immeuble n'est a priori pas la première idée qui vient. La biofaçade du Centre scientifique et technique du bâtiment à Champs-sur-Marne (77) fête pourtant ses deux premières années d'activités, avec ses 200 m² de bioréacteurs étalés sur quatre étages. Piloté par le consortium SymBIO2, auquel participe le laboratoire Génie des procédés - environnement - agroalimentaire, ce programme montre le potentiel fascinant de la production d'algues en milieu urbain.

Grands caissons de verre high-tech, les bioréacteurs abritent des suspensions d'algues afin de les cultiver. Ils ajustent la température, le pH et les nutriments de manière entièrement automatisés et contrôlables à distance. La présence physique d'un spécialiste de la culture d'algues n'est ainsi pas nécessaire, ce qui réduit fortement les contraintes pour le choix de nouveaux sites. Au point que certains ont implanté ces cultures jusque sur des façades d'immeubles.

Le consortium SymBIO₂ a en effet installé en 2016 huit bioréacteurs sur le bâtiment du Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB) à Champs-sur-Marne (77). Les algues bloquent les rayons du soleil en été et diminuent les besoins en climatisation, tout en pouvant consommer une partie du CO₂ produit par le bâtiment, par exemple par les chaudières. Les échanges thermiques entre les deux permettent également des économies. La biofaçade vit ainsi une véritable symbiose avec son support, sans même compter l'exploitation commerciale de ses algues.

Ces deux années de culture et de recherche ont prouvé la faisabilité de ce type de projets à l'échelle de bâtiments entiers. Elles ont aussi donné l'occasion de tester les opérations de changement d'algues, qui nécessitent seulement d'adapter les conditions de culture. Cette flexibilité aide à rentabiliser au mieux l'installation et la culture, car différentes algues offrent différents débouchés. Si la première algue, *Chlorella vulgaris*, servait surtout à évaluer les performances de la biofaçade, sa remplaçante, *Haematococcus pluvialis*, produit un antioxydant utilisé comme complément alimentaire.

SymBIO2 rassemble, entre autres, le laboratoire Génie des procédés - environnement – agroalimentaire (GEPEA, CNRS/Université de Nantes/ONIRIS Nantes/IMT Atlantique), le Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB), l'agence d'architecture XTU, le bureau d'études OASIS ainsi que les entreprises Viry, AlgoSource et Séché Environnement. Le consortium a récemment décroché un des appels à projets de Réinventer.Paris, et installera plusieurs centaines de mètres carrés de biofaçade sur un immeuble du XIIIe arrondissement de Paris.