SymBio$_2$: le projet hybride de cultures de microalgues en façades de bâtiments

Anouk Legendre, X-TU Architects
Architecte DPLG, Associée et gérante

Sylvain Durécu, Séché Environnement
Directeur de la Recherche

Le projet hybride de cultures de microalgues en façades de bâtiments

La vision: X_Sea_Ty, ville utopique dépollueuse et productrice

_ océans _ eaux_internationales
_ surface: 720.000 m² de plancher
_ études 2009
_densité: 35.000 hab/km²
_autonomie énergétique et alimentaire:
→ Bio-fuel
→ Bio-méthanisation
→ Capteurs photovoltaïques
→ Géothermie sur eaux profondes
→ Plantes alimentaires
→ Bio-diversité
→ Production de biomasse
→ Phytorestauration
→ Béton végétalisé dépolluant

Le projet hybride de cultures de microalgues en façades de bâtiments

SymBIO$_2$

Les enjeux: vers une ville durable photosynthétique

_ **Enjeux**: changement climatique, empreinte écologique de la ville, défi alimentaire mondial, fin des ressources d'énergies fossiles

_ **Solution**: associer des cultures de microalgues au bâtiment

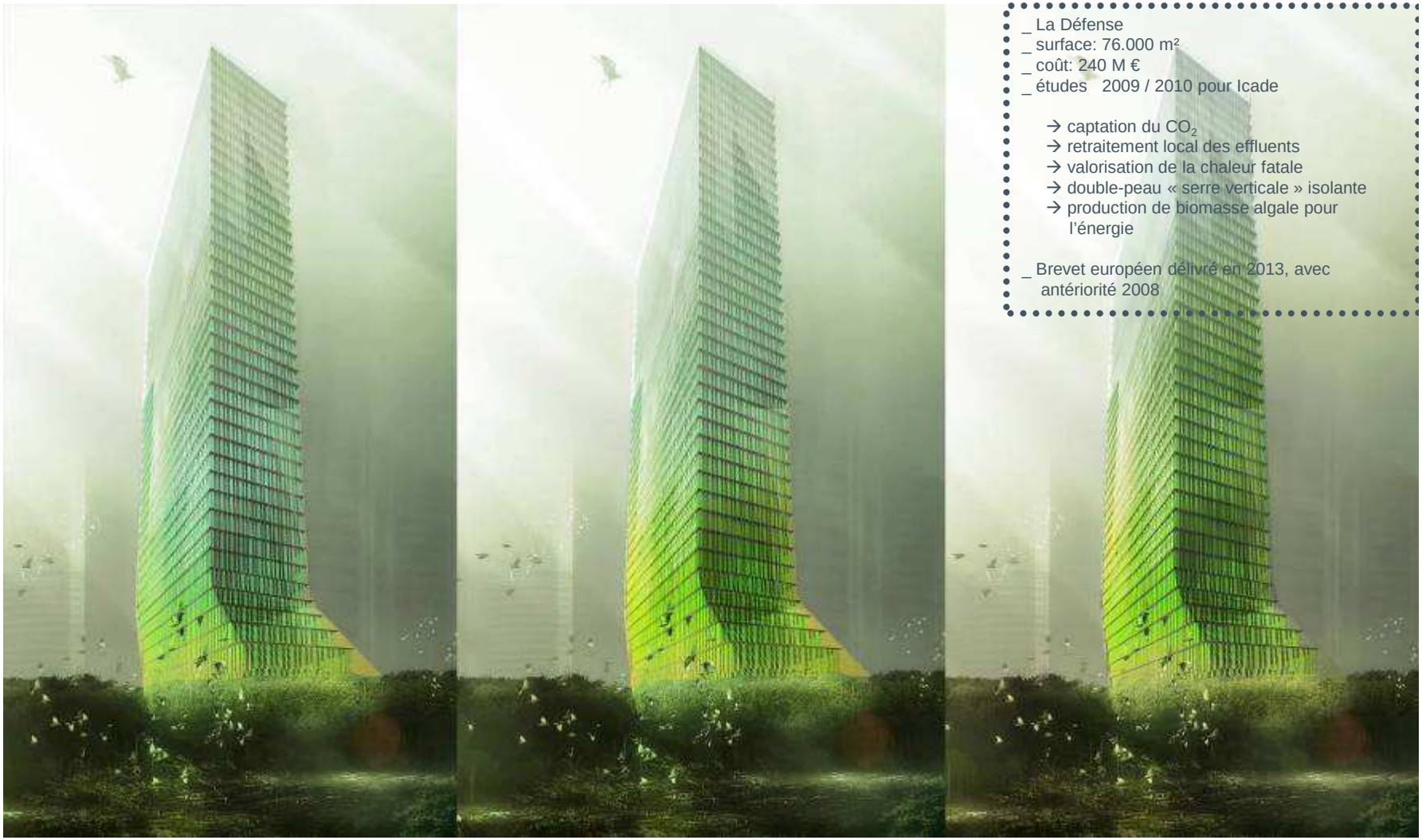
_ **Pourquoi**: grande complémentarité entre cultures de microalgues et fonctionnement d'un bâtiment

→ captation du CO_2 émis par les chaudières
→ retraitement local des effluents
→ valorisation de la chaleur fatale et des déperditions thermiques du bâtiment
→ production de biomasse algale pour la santé, la cosmétique, l'alimentation
→ services environnementaux
→ énergie renouvelable

Le projet hybride de cultures de microalgues en façades de bâtiments

SymBIO$_2$

Le concept : Bio$_2$ Tower, la bâtiment photosynthétique



_ La Défense
_ surface: 76.000 m²
_ coût: 240 M €
_ études 2009 / 2010 pour Icade

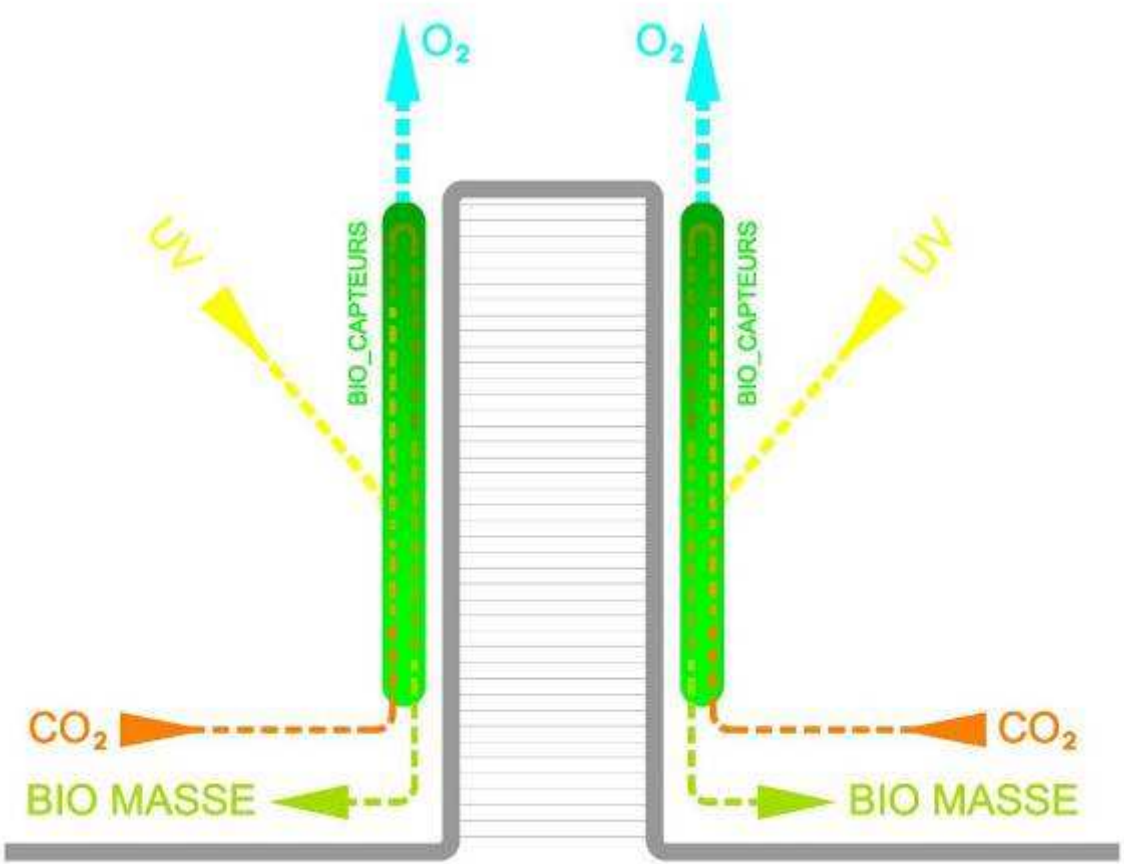
→ captation du CO_2
→ retraitement local des effluents
→ valorisation de la chaleur fatale
→ double-peau « serre verticale » isolante
→ production de biomasse algale pour l'énergie

_ Brevet européen délivré en 2013, avec antériorité 2008

Le projet hybride de cultures de microalgues en façades de bâtiments

SymBIO$_2$

Le concept : Bio$_2$ Tower, le bâtiment photosynthétique



_ La Défense
_ surface: 76.000 m²
_ coût: 240 M €
_ études 2009 / 2010 pour Icade

→ captation du CO_2
→ retraitement local des effluents
→ valorisation de la chaleur fatale
→ double-peau « serre verticale » isolante
→ production de biomasse algale pour l'énergie

_ Brevet européen délivré en 2013, avec antériorité 2008

Le projet hybride de cultures de microalgues en façades de bâtiments

SymBIO$_2$

L'innovation: Biofaçades SymBio$_2$, Symbiose bâtiment / algoculture

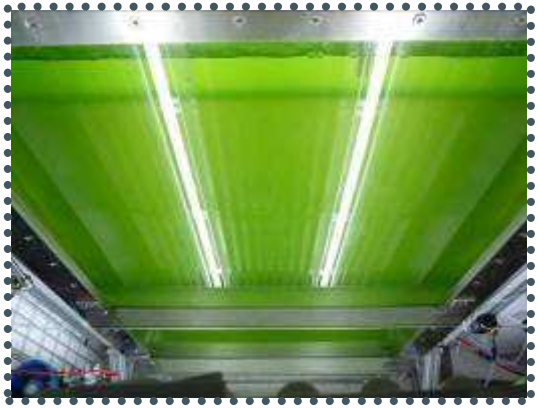
_ intégration de « **capteurs solaires biologiques** » (photobioréacteurs à hauts rendements et faible consommation d'eau)

_ au sein d'une **biofaçade** spécifique **à hautes performances environnementales**, jouant le rôle d'une « serre verticale » (régulation thermique)

_ et maximisation des **échanges énergétiques et chimiques avec le bâtiment hôte** (CO_2, chaleur fatale, effluents,…)

→ **- 80%** de consommations énergétiques pour la régulation thermique des **microalgues** par rapport à des cultures en bassin

→ **- 50%** de consommations énergétiques pour les besoins de **chauffage et rafraîchissement** par rapport à un **bâtiment RT 2012**



Le projet hybride de cultures de microalgues en façades de bâtiments

L'innovation: Biofaçades SymBio$_2$, Symbiose bâtiment / algoculture

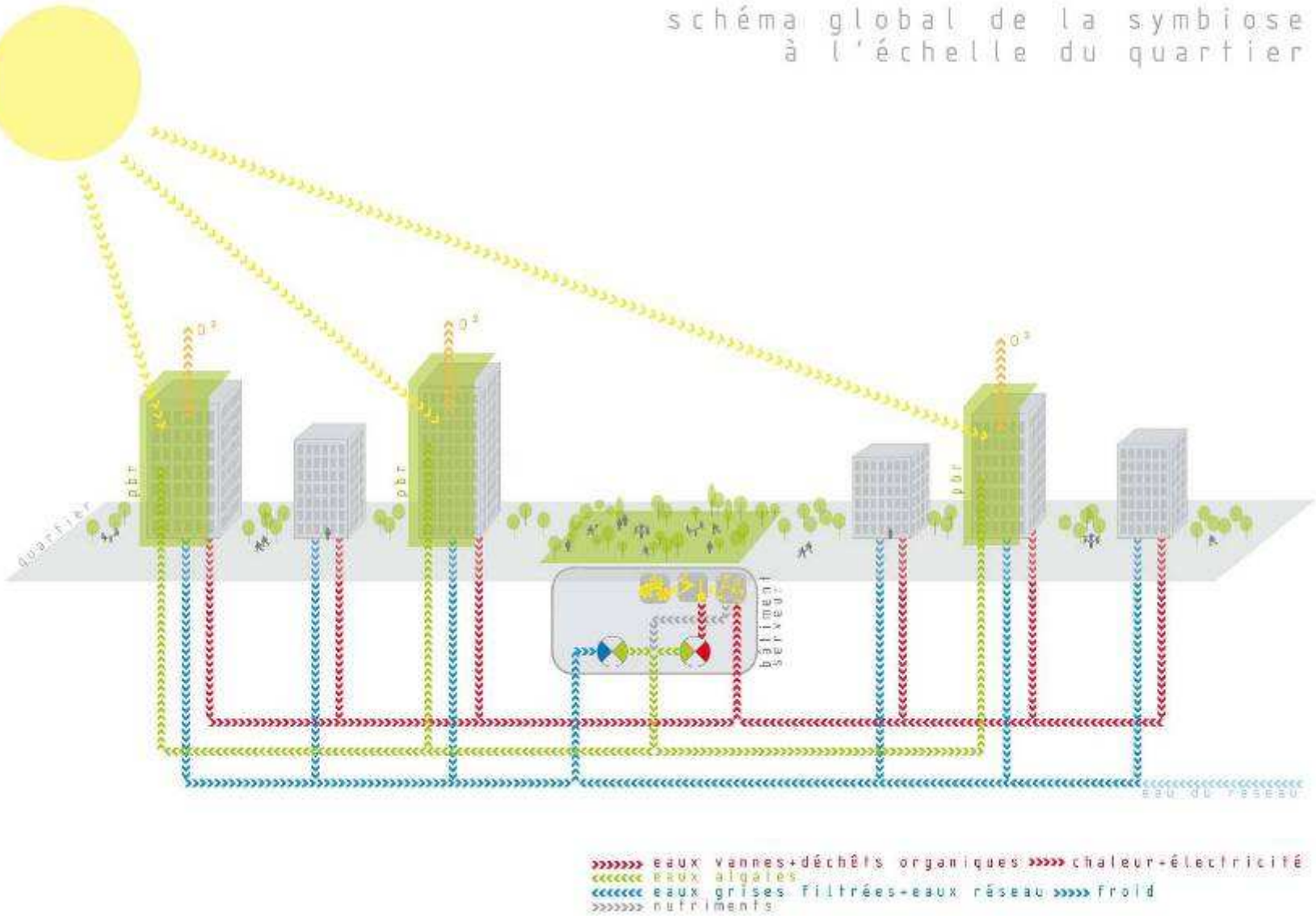
_ La Défense
_ surface: 70.000 m²
_ coût: 240 M €
_ études 2010 / 2011

→ captation du CO_2
→ retraitement local des effluents
→ valorisation de la chaleur fatale
→ double-peau « serre verticale » isolante
→ ventilation naturelle assistée contrôlée
→ production de biomasse algale pour la santé, la cosmétique, l'alimentation et un jour l'énergie

Le projet hybride de cultures de microalgues en façades de bâtiments

SymBIO$_2$

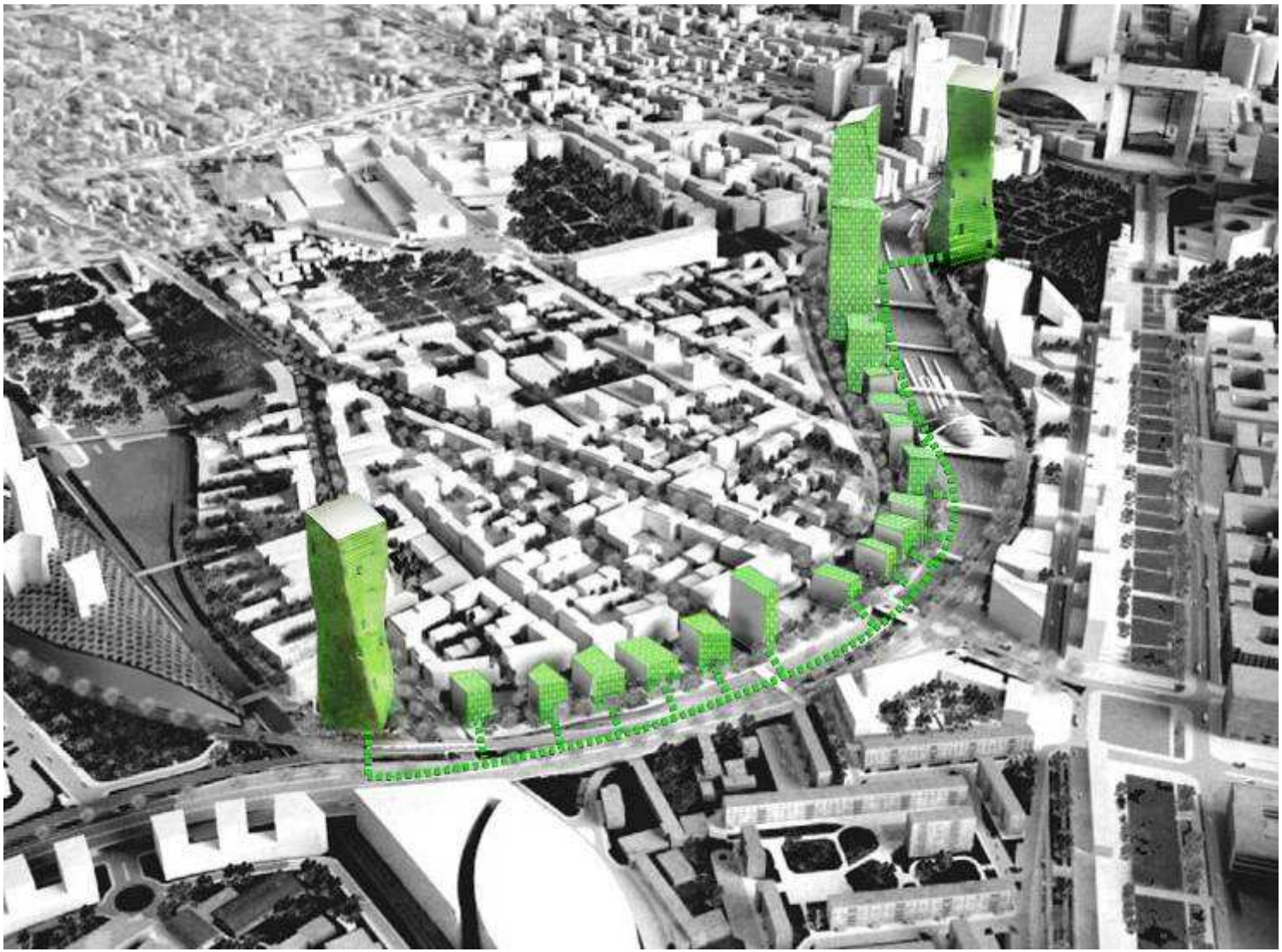
Le potentiel à l'échelle du quartier: Symbiose quartier / algoculture



Le projet hybride de cultures de microalgues en façades de bâtiments

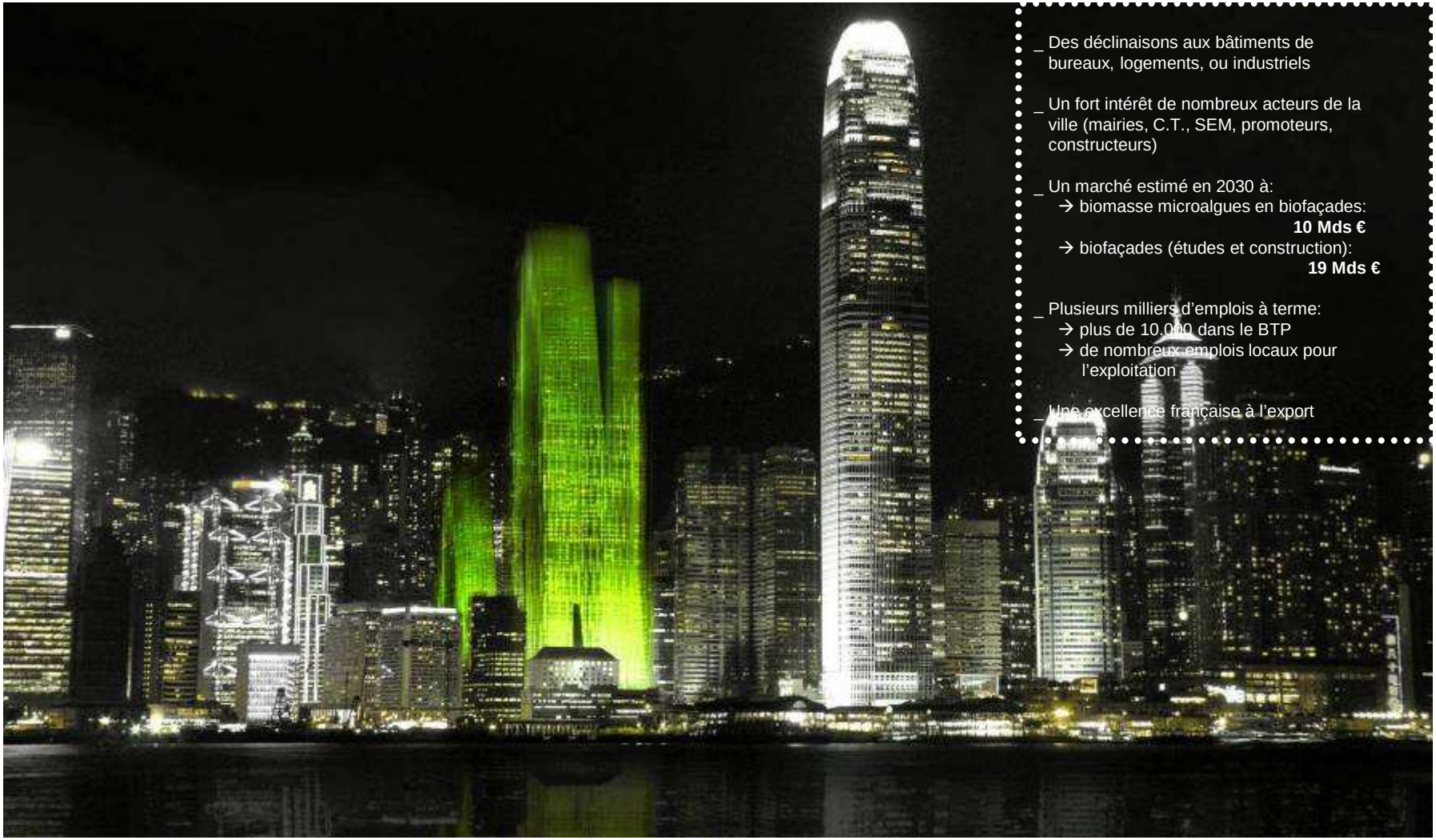
SymBIO$_2$

Le potentiel à l'échelle du quartier: Symbiose quartier / algoculture



Le projet hybride de cultures de microalgues en façades de bâtiments

La création d'une filière d'excellence française à l'export



_ Des déclinaisons aux bâtiments de bureaux, logements, ou industriels

_ Un fort intérêt de nombreux acteurs de la ville (mairies, C.T., SEM, promoteurs, constructeurs)

_ Un marché estimé en 2030 à:
- → biomasse microalgues en biofaçades: **10 Mds €**
- → biofaçades (études et construction): **19 Mds €**

_ Plusieurs milliers d'emplois à terme:
- → plus de 10.000 dans le BTP
- → de nombreux emplois locaux pour l'exploitation

_ Une excellence française à l'export

Le projet hybride de cultures de microalgues en façades de bâtiments

SymBIO$_2$

Les premiers prototypes installés le 30 mai sur un banc d'essai dédié

- Saint Nazaire, Gavy Oceanis
- surface du banc d'essai: 20 m²
- surface de façade: 10 m²
- coût total: 300 K € (X-TU & GEPEA)
- études 2013 pour Séché Environnement et FUI 15
  - → faisabilité de cultures en biofaçades
  - → impact thermique du procédé sur les µ-algues
  - → impact thermique de la biofaçade sur le bâtiment
  - → 3 prototypes testés: bureaux, logements, industrie

SymBIO$_2$

Le projet hybride de cultures de microalgues en façades de bâtiments

1ère biofaçade sur une centrale de valorisation de déchets

_ première mondiale sur une centrale de valorisation de déchets ménagers

_ biofaçade de plusieurs centaines de m²

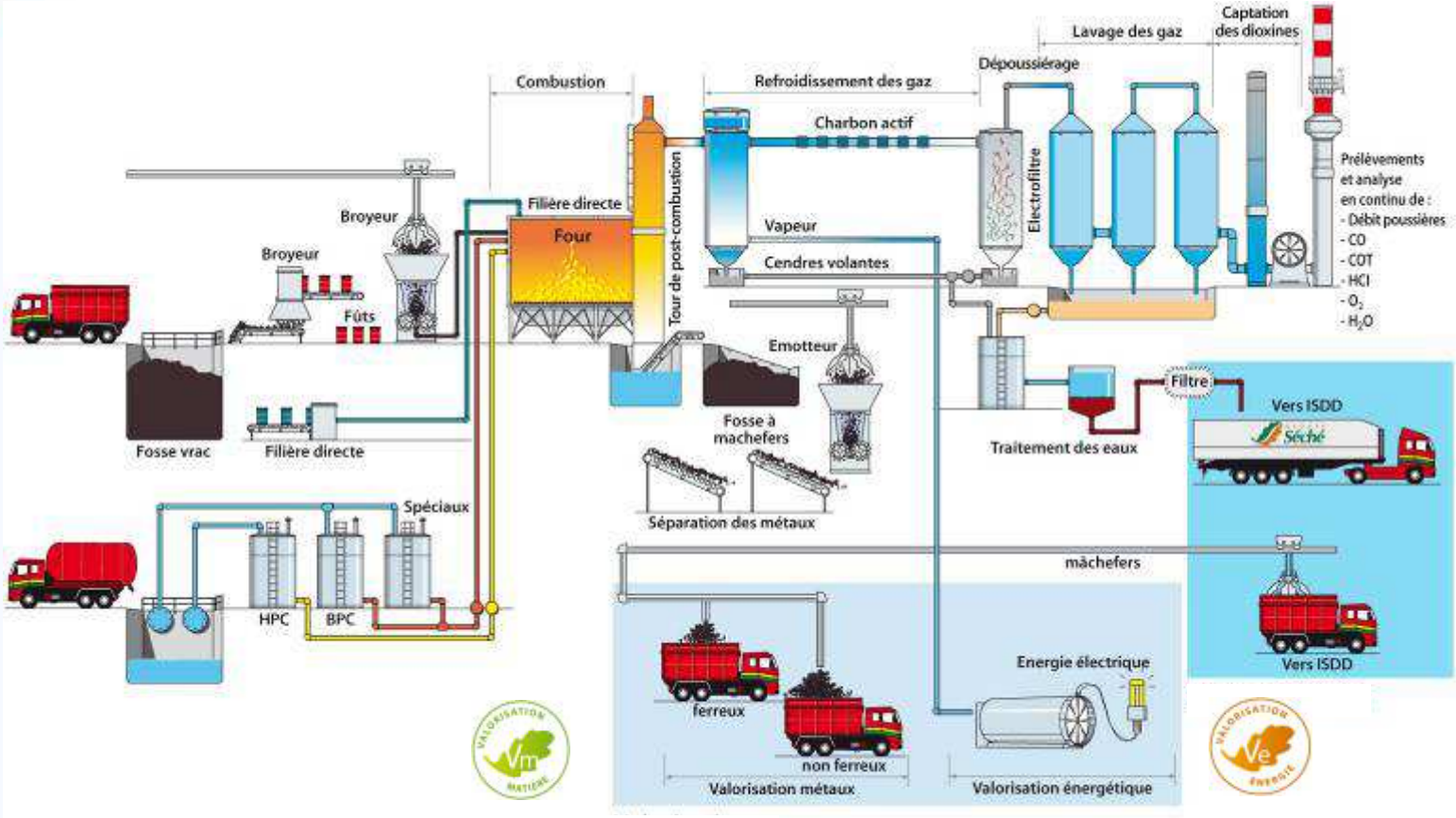
_ cultures de microalgues pour des produits de spécialité d'origine naturelle à haute valeur ajoutée (chimie verte)

_ en symbiose avec la centrale: valorisation du CO_2 , de la chaleur fatale basse température, des effluents, récupération des eaux de pluie, mutualisation de l'espace

→ baisse du coût de revient de la biomasse
→ rentabilité sur les marchés visés en forte croissance

_ démonstration de la pertinence des biofaçades pour d'autres bâtiments (tertiaire, logements, ouvrages publics,…)

Les centres de valorisation énergétique des déchets



L'incinération s'adresse aux déchets organiques ou contenant des pollutions organiques. Le principe repose sur l'oxydation directe des déchets dans un foyer, le but de l'opération étant la transformation intégrale des matières organiques contenues dans les déchets en vue de les rendre totalement inertes.

L'énergie des fumées

- ***D'une manière générale, toutes les unités d'incinération disposent des postes de récupération et de valorisation énergétique suivants :***
  - Chaudière de récupération d'énergie (vapeur saturée ou surchauffée 200°C-400°C couplée à un réseau de chaleur)
  - Réchauffeur d'air
- ***Il est possible de prévoir de récupérer et valoriser l'énergie sur les postes suivants:***
  - Gaine de fumées (variation température des fumées entre 150 et 300°C) suivant les dispositifs de traitement de fumées
  - Aérocondenseurs(50-130°C)
  - Cheminée (150°C-200°C)
  - Réseaux de condensats (30-80°C)
  - Extracteur de mâchefers (buées 90°C)
  - Circuit de refroidissement (10-80°C)
- ***Entre 1 et 1,5 TWh d'énergie peuvent être valorisée sur les fumées représentant la consommation annuelle de près de 200 000 foyers en chauffage pour des logements de classe D.***

Retour d'expérience

Les microalgues

- Culture en bassin ouvert avec un productivité limitée
- Dans certains cas, utilisation de la chaleur basse énergie pour maintenir la température réactionnelle et ainsi développer une forme originale de co-génération,
- Possibilité d'utiliser le CO_2 issu des gaz de combustion pour la croissance
- Coûts de production trop élevés pour le marché des ingrédients alimentaires

Les bâtiments industriels

- Peu ou pas d'interaction avec les façades pour en améliorer leur efficacité énergétique
- Pas d'utilisation des fluides produits par l'industrie (Eaux de pluie, calories, frigories, etc…

Culture des microalgues en bassins sur le site SVO du Vigeant (86)

Culture autotrophe en photobioréacteurs

Les challenges

- Augmenter la productivité
- Réduire la consommation d'eau
  - Conso d'eau raceways (1000 à 2000 l / l de biodiesel)
  - Moins en PBR (200 – 400 l)
- Réduire les coûts d'investissement
  - photobioréacteurs = jusqu'à 70% des coûts de production
- Réduire les coûts d'exploitation
  - régulation thermique = jusqu'à 70% des coûts énergétiques
  - Coûts des intrants

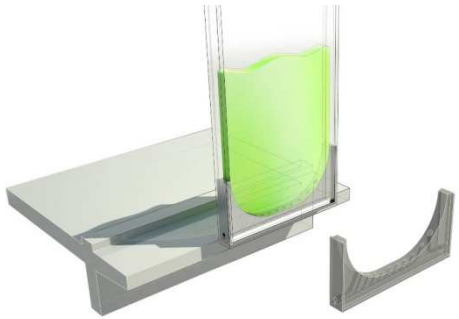
Photo GEPEA – Université de Nantes

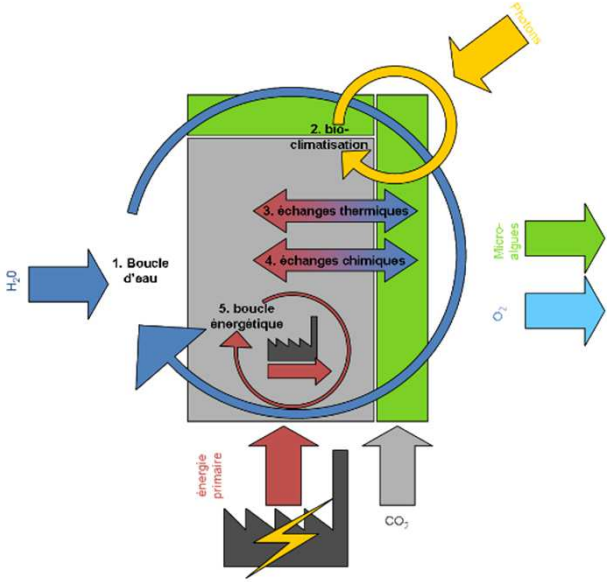
Photobioréacteur plan vertical intensifié « Hector » Source: GEPEA

Objet principal du projet SymBio$_2$

- ***Création d'une biofaçade pour une production continue et à haut rendement, durable et rentable, de biomasse algale pour de nouveaux marchés alimentaires***

  - Développement d'un nouveau système de production algale disposé dans une façade active ensoleillée : les photobioréacteurs,
  - Systèmes en échanges énergétiques et chimiques permanents, contrôlés et régulés avec le bâtiment
  - Utilisation des effluents du bâtiment industriel comme nutriments pour les microalgues
    - Diminution des coûts de production





SymBio$_2$

Partenariat

Industriels

- Séché est un des leaders de la collecte et la valorisation des déchets. Créé en 1985, le groupe compte aujourd'hui 1700 collaborateurs pour 23 sites industriels et génère un chiffre d'affaire de 424 M€. Sa stratégie se décline autour de deux axes majeurs : la production d'énergie à partir des déchets, et la sécurisation et le contrôle des nuisances potentielles des résidus ultimes. Il intervient comme porteur du projet, ainsi qu'à travers sa filiale Speichim Processing spécialisée dans la collecte et le traitement / régénération de solvants et la purification d'intermédiaires de synthèse .
- AlgoSource Technologies est une société d'ingénierie spécialisée dans les procédés de cultures contrôlées et de bioraffinage de microalgues. Sa société sœur Alpha Biotech est spécialiste de bio raffinage des microalgues.
- X-TU est une agence d'architecture et d'urbanisme spécialisée dans la ville durable à travers l'approche des symbioses urbaines et du métabolisme urbain. Elle est à l'origine du projet et le coordonne.
- OASIIS est un bureau d'étude thermique et environnemental, spécialisé dans les techniques de modélisation 3D et simulations thermiques dynamiques dans les bâtiments et environnements urbains.

Académiques

- Le GEPEA est un laboratoire de recherche public (180 chercheurs) rassemblant au sein de l'UMR 6144 du CNRS : l'Université de Nantes, l'Ecole des Mines de Nantes, et l'ONIRIS.
- Le LHEEA est un laboratoire de recherche public (60 chercheurs) en « Hydrodynamique, Énergétique et Environnement Atmosphérique » de l'École Centrale de Nantes (UMR 6598 du CNRS).

SymBio$_2$

Cadre du processus d'innovation

Les équipements support du programme

Site d'une centrale d'incinération (Séché Environnement) qui permettra de déployer **le 1er démonstrateur industriel** d'une « biofaçade » active complète équipée de pré-séries industrielles de PBR et panneaux de mur-rideau, et en échange thermique et chimique avec le bâtiment hôte

Banc d'essai instrumentable (GEPEA/X-TU), permet de tester des prototypes de panneaux de mur-rideaux en situation extérieure et ventilation contrôlée, intégrant des prototypes industriels de PBR

Laboratoire (GEPEA), permet de développer des prototypes de laboratoire de PBR plats, verticaux, intensifiés en environnement contrôlé

la démarche s'appuie sur un processus d'innovation itératif

Le programme SymBio$_2$

- ***Projet SymBio$_2$***
  - 1er démonstrateur industriel d'une biofaçade complète
  - intégrée de manière symbiotique à une centrale de valorisation d'ordures ménagères
  - Budget total: 4,9 M€/Subvention: 1,8 M€
- ***Phases du programme***
  - Modèle technico-économique
  - Conception de la biofaçade et de la symbiose avec la centrale
  - Construction de la biofaçade et des systèmes d'échanges énergétiques et chimiques
  - Optimisation de la biofaçade et des procédés de culture
  - Valorisation Agro-alimentaire des molécules produites
  - Valorisation multi-filières et impacts

Photo de synthèse X'TU

SymBio$_2$