



Le BIAM

Institut de Biosciences
et biotechnologies d'Aix-Marseille

Répondre aux enjeux
environnementaux
et sociétaux
par des approches
durables de R&D

Au croisement des compétences du CEA,
du CNRS et d'Aix-Marseille Université

Répondre aux enjeux
environnementaux
et sociétaux par
des approches
durables de R&D

À LA POINTE DE LA
RECHERCHE EN BIOÉNERGIES ET
SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT

Institut de Biosciences et biotechnologies d'Aix-Marseille
UMR 7265 CEA/CNRS/AMU

CEA Cadarache / Cité des Énergies
DRF - BIAM, Bâtiment 1900
13 115 Saint Paul lez Durance
www.citedesenergies.fr/biam
©2023

SOMMAIRE

Le BIAM au cœur de la <i>Cité des Énergies</i>	P 6
La Cité des Énergies Le BIAM, Unité Mixte de Recherche CEA-CNRS-AMU Recherche Technologique du CEA en Région Sud	
Positionnement scientifique du BIAM	P 10
3 axes de recherche fondamentale	
Découvertes emblématiques du BIAM	P 12
De la photosynthèse aux bioénergies	
• Produire des alcanes biosourcés sans affecter notre empreinte carbone • Améliorer l'efficacité de la photosynthèse pour une agriculture raisonnée • Explorer les solutions naturelles pour la restauration des forêts	
Réponses et acclimations aux défis environnementaux	P 16
• Stocker le CO₂ atmosphérique dans les sols en s'inspirant des plantes qui le font naturellement • Aider les plantes à résister à la sécheresse	
Des principes du vivant aux biomolécules et biomatériaux	P 20
• S'inspirer des modes de nutrition des plantes pour dépolluer des sols contaminés • Voir et traiter en simultanée : matériaux biologiques durables pour cartographier, cibler et traiter le cancer • Des bactéries capables de se protéger de l'uranium	
Soutien à la recherche et au développement économique du territoire	P 24
• Plateformes technologiques	
Les startups des BIAM	P 30

Le BIAM au cœur de la Cité des Énergies

LE BIAM

INTÉGRÉ SUR LE SITE DE CADARACHE, INSCRIT DANS
LE PROJET DE LA « CITÉ DES ÉNERGIES »



La Cité des Énergies

Ce projet est né de la capitalisation de compétences en R&D sur les énergies alternatives développées au CEA Cadarache depuis les années 1970. Son but est de promouvoir l'excellence de la recherche et la diffusion de technologies. Il est notamment porté par le BIAM et la recherche technologique du CEA.

Le BIAM, c'est quoi ?

L'Institut de Biosciences et biotechnologies d'Aix-Marseille (BIAM) est une Unité Mixte de Recherche (UMR7265) qui fédère les compétences de 180 personnes issues de 24 nationalités, salariées du CEA, du CNRS et d'Aix-Marseille Université.

Recherche technologique du CEA en Région Sud

Aux côtés du BIAM, la plateforme *Microalgues et procédés* accompagne la mise à disposition de technologies clés génériques du CEA au profit des acteurs économiques du territoire.

ITER

CEA
Cadarache



Cité des Énergies

BIAM

plateforme
solaire Megasol

DRT



Positionnement scientifique du BIAM



Recherche fondamentale du BIAM

La mission du BIAM est de faire **progresser les connaissances** et de proposer des **solutions bio-technologiques** pour répondre aux grands défis posés par la transition écologique et énergétique.

3 axes de recherche

1. **De la photosynthèse aux bioénergies ;**
2. **Réponses et acclimatation aux défis environnementaux ;**
3. **Des principes du vivant aux biomolécules et biomatériaux.**

Chacun de ces axes adresse des enjeux sociétaux majeurs comme le changement climatique, le cycle du carbone, la sécurité énergétique et alimentaire, les biotechnologies pour la santé et l'environnement...

Découvertes emblématiques

The image features a dark grey horizontal band across the middle. Above this band, a solid green rectangle is positioned on the left. Below the band, a large green shape on the left has a smaller, darker green shape nested within it, and a thin grey vertical bar is located to the right of the green shapes. The text is white and positioned on the right side of the dark grey band.

De la photosynthèse aux bioénergies

Produire des alcanes biosourcés

SANS AFFECTER NOTRE EMPREINTE CARBONE



Dans une perspective de produire des biocarburants de troisième génération à partir de microalgues

**DÉCOUVERTE
D'UNE
PHOTOENZYME
PAR LES
CHERCHEURS
DU BIAM**

L'enzyme produit des hydrocarbures volatils (alcanes, alcènes) à partir d'acides gras en utilisant la lumière comme seule source d'énergie. Ces bio-hydrocarbures volatils "s'échappent" des microalgues et sont récupérables dans la phase gaz du milieu de culture. Ils constituent une matière première potentielle pour l'industrie chimique, la cosmétique ou comme futur biocarburant.

En savoir plus



Les microalgues produisent des hydrocarbures mais aussi des molécules à haute valeur ajoutée grâce au CO₂ issu des activités industrielles qu'elles puisent dans l'atmosphère, réduisant ainsi notre empreinte carbone.



https://youtu.be/1jOb_vOFV08

Améliorer l'efficacité de la photosynthèse

POUR UNE AGRICULTURE RAISONNÉE



Projet H2020 CAPITALISE (Combining Approaches for Photosynthetic Improvement To ALLOW Increased Sustainability in European agriculture)

**+ 10 %
D'EFFICACITÉ**

A l'horizon 2030 Capitalise vise l'amélioration de l'efficacité de la photosynthèse de 10% en s'appuyant sur la force des variations génétiques naturelles de trois variétés phares de l'agriculture européenne : l'orge, la tomate et le maïs.

**STRATÉGIE
ÉCORESPONSABLE**

Sans recourir aux manipulations génétiques, cette stratégie écoresponsable d'amélioration du rendement de la photosynthèse devrait limiter les besoins des plantes en eau et engrais azotés.

En savoir plus



The image features a central dark grey horizontal band. Above it, a red vertical bar is partially visible. Below the band, a large, stylized number '2' is formed by overlapping red and grey shapes. The text is centered within the dark grey band.

Réponses et acclimations aux défis environnementaux

Stocker le CO₂ atmosphérique dans les sols

EN S'INSPIRANT DES PLANTES QUI LE FONT NATURELLEMENT

L'initiative internationale 4 pour 1000 vise à piéger naturellement dans les sols l'ensemble des émissions annuelles globales de CO₂ à partir des énergies fossiles visant la neutralité carbone à l'horizon 2050.

Stocker le carbone dans les sols contribue à la sécurité alimentaire, à l'adaptation, au changement climatique et à l'atténuation de celui-ci.

Partant de ce constat, le BIAM étudie les interactions sol/plante/microorganismes et a démontré l'importance de ces échanges dans la fixation et le maintien du carbone dans les sols autour du système racinaire. Il a ainsi obtenu des résultats prometteurs sur des lignées de mil, prouvant que le « vivant » pouvait jouer un rôle majeur d'amortisseur climatique par sa capacité à stocker naturellement du carbone dans les sols. **Cette découverte s'inscrit dans l'initiative 4 pour 1000.**

INITIATIVE 4 POUR 1000

Cette initiative se fixe pour objectif d'augmenter de 0.4% chaque année le stockage de carbone issu du CO₂ atmosphérique dans les sols agrégés autour des racines des plantes afin de compenser nos émissions annuelles de gaz à effet de serre.

En savoir plus



Aider les plantes à résister à la sécheresse

EN ÉTUDIANT LEURS RÉPONSES AUX STRESS ENVIRONNEMENTAUX

► **Les chercheurs du BIAM ont découvert une molécule naturelle, le β -cyclocitral qui se transforme en acide β -cyclocitrique dans la plante.**

Cet acide naturellement produit par les plantes, facile à synthétiser, est soluble dans l'eau, non toxique aux concentrations testées, et possède des propriétés étonnantes : Arabidopsis, tomates, poivrons, mais aussi plantes à fleurs ornementales préalablement traitées avec une solution aqueuse de cette molécule, ont été soumis à des tests de stress hydrique sévère, puis à la reprise de l'arrosage. Non seulement **ces plantes ont beaucoup mieux résisté** que les plantes non-traitées avec l'acide β -cyclocitrique, mais **les plants de tomates ont été plus productifs avec des fruits plus gros !**

En savoir plus



Pour la restauration des forêts

FACE AUX EFFETS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

► **L'objectif de RESTORE est d'étudier les interactions entre les plantes et les microbiomes* des forêts face au changement climatique, en vue de développer des solutions naturelles pour restaurer les écosystèmes forestiers.**

Ces recherches se concentrent sur les forêts atlantiques brésiliennes, méditerranéennes françaises et tempérées allemandes, pour découvrir des schémas communs malgré les différences géographiques, pédologiques et biologiques. Les chercheurs testent déjà diverses solutions naturelles pour améliorer la croissance des semis d'arbres et la santé du sol, notamment en isolant des micro-organismes bénéfiques pour les semis. Ils utilisent également des particules biodégradables pour améliorer la distribution de substances favorisant la croissance des plantes. La tolérance à la sécheresse et les effets sur le microbiome du sol, sont actuellement en cours de test en pépinière avec l'aide de l'ONF pour la partie française. Enfin l'aspect économique de ces solutions est aussi analysé au travers d'études de coût-efficacité et de coût-bénéfice.

*MICROBIOME DU SOL

*Bactéries, champignons, virus et autres organismes unicellulaires présents dans le sol. **Il exerce un rôle essentiel dans la santé des systèmes forestiers.***

En savoir plus



The image features a dark grey horizontal band across the middle. Above it, a blue vertical bar is on the left. Below the band, a large blue '5' and a large grey '5' are partially visible, overlapping each other and the band. The text is centered in the grey band.

Des principes
du vivant
aux biomolécules
et biomatériaux

S'inspirer des modes de nutrition des plantes

POUR DÉPOLLUER LES SOLS CONTAMINÉS

Aujourd'hui, de nombreux sols et sites industriels dans le monde contiennent de multiples polluants, comme des éléments à l'état de traces métalliques ou des radionucléides.

Le BIAM étudie les mécanismes d'absorption et d'accumulation de ces polluants chez les plantes (*phyt(o)* végétal, plante), afin de proposer des solutions de dépollution (remédiation) respectueuses de l'environnement.

En effet, une fois absorbés par les plantes, les polluants empruntent les voies biologiques de transport des nutriments pour être stockés dans les feuilles.

UNE TECHNOLOGIE APPELÉE PHYTOREMÉDIATION

L'objectif du BIAM est d'optimiser ainsi ces mécanismes pour accroître ou limiter l'entrée des polluants dans le végétal.

À l'heure actuelle, sur les sols contaminés de Fukushima au Japon, dans le cadre du projet DEMETERRES, des cultures expérimentales réalisées par le BIAM ont démontré que les plantes sont capables de limiter l'entrée du Césium-137 disséminé dans l'environnement des parcelles en culture, un intérêt majeur pour la sécurité alimentaire.

En savoir plus



Voir et traiter en simultané

MATÉRIAUX BIOLOGIQUES DURABLES POUR CARTOGRAPHIER, CIBLER ET TRAITER LE CANCER



Des bactéries synthétisant des nanoparticules magnétiques offrent de nouvelles perspectives d'imagerie médicale et de traitements ciblés de tumeurs. Une formidable opportunité de traitements théranostiques capables de cartographier et soigner en simultané tout en diminuant les effets secondaires !

DES NANOAIMANTS BIOLOGIQUES CONTRE LE CANCER

Ces bactéries, découvertes dans les sédiments, ont inspiré les scientifiques par leur capacité à produire et contrôler la taille et la forme de nanoparticules

de magnétite. Modifiées par ingénierie génétique, ces particules d'origine biologique acquièrent ainsi la faculté de s'accumuler naturellement à l'intérieur de cellules tumorales implantées chez la souris. Cette particularité essentielle, permet de les **cibler et favoriser leur destruction** lors d'un traitement par laser.

UN ESCADRON DE MICRONAGEURS POUR CIBLER LES TUMEURS

L'étude des stratégies de déplacement de ces microorganismes ouvre également la voie vers des **approches bio-inspirées**.

Ainsi, une collaboration internationale a permis d'**imprimer en 3D des modèles de nageurs** à l'échelle du micromètre. Injectés dans l'organisme sous la forme d'un escadron, ils pourraient être guidés grâce à la modulation de champs magnétiques. Cette technique pourrait à l'avenir être utilisée à des fins thérapeutiques.

En savoir plus



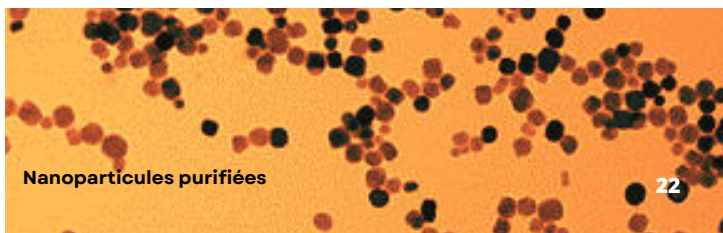
Thérapie ciblée



Micronageurs



Chaîne de nanoparticules dans une bactérie



Nanoparticules purifiées

Des bactéries capables de se protéger de l'uranium

POURRAIT PERMETTRE DE DÉVELOPPER UN SYSTÈME DE BIODÉPOLLUTION

Un mécanisme qui protège les bactéries du sol des effets de l'uranium a été dévoilé : il repose sur la fixation de l'uranium à la surface des cellules.

**FIXER LES
MÉTAUX
POUR
PROTÉGER
LA CELLULE**

C'est dans le Limousin, sur des sols naturellement uranifères et d'autres sites comme celui de Tchernobyl, que des bactéries, résistantes à l'uranyle (UO_2^{2+}), une forme soluble de l'Uranium, ont été découvertes. Elles possèdent la surprenante capacité à synthétiser, sur leur membrane, des protéines capables de capturer l'uranyle mais aussi le fer, un élément essentiel à tout organisme vivant.

La fixation de ces éléments a lieu grâce à une zone spécifique de la protéine, baptisée « domaine PepSY ». Elle empêche d'une part, l'entrée du toxique et protège la cellule, et d'autre part, fixe le fer qui pourrait constituer une réserve de ce métal essentiel.

Cette découverte permet une meilleure compréhension des mécanismes de capture de l'uranium et pourrait être exploitée dans la dépollution d'eau contaminée.

En savoir plus



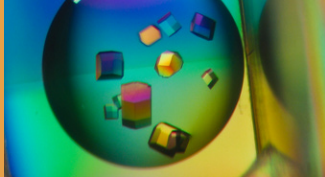
Soutien à la recherche et au développement économique du territoire

DES PLATEFORMES TECHNOLOGIQUES
À LA CRÉATION D'ENTREPRISES



Plateformes technologiques

Mutualiser des expertises et des équipements



PLATEFORMES TECHNOLOGIQUES

De grands équipements pour la recherche et l'industrie

Dans le cadre de contrats de collaborations, la Cité des Énergies propose une offre technologique de haut niveau à ses partenaires académiques et/ou industriels.

**FAVORISER LA
MUTUALISATION ET
L'INTERDISCIPLINARITÉ**

Les recherches interdisciplinaires du BIAM s'appuient sur plusieurs "plateformes technologiques" dont le but est de **regrouper de grands équipements scientifiques** dans un lieu

unique, associé à du personnel qualifié pour sa mise en œuvre.

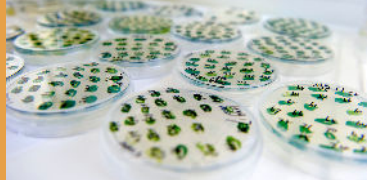
Le coût de ces équipements, entre 0,2 et 1 M€, les rend difficiles à acquérir : positionner ces équipements au sein de plateformes permet de les mutualiser sur un territoire, pour les rendre accessibles au plus grand nombre, mais aussi pour créer des pôles d'excellence et d'expertise visible régionalement. Les Contrats de Plan État-Région structurent la R&D, facilitant l'achat mutualisé de ces équipements lourds et mi-lourds, tout comme la montée en puissance des plateformes technologiques du territoire au service des organismes de recherche et des universités.

Le BIAM met ainsi à disposition, dans le cadre de contrats de collaboration, ses équipements et compétences au service des PME-ETI du territoire, d'autres organismes de recherche et universités.



En savoir plus





PLATEFORME TECHNOLOGIQUE

HELIOBIOTEC

Cette plateforme qui s'attache à la domestication des microalgues pour le développement de biocarburants (p 14), regroupe un parc instrumental unique qui a pour objet d'explorer les potentialités des algues pour la **production de molécules à haute valeur ajoutée**.

Pour se faire, elle s'articule autour de deux pôles qui proposent :

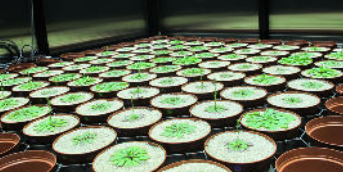
- **Des « moyens de culture » d'algues** : il s'agit d'enceintes climatiques en conditions contrôlées dédiées à la culture de souches d'intérêts. Ces incubateurs régulent la lumière, l'agitation, la température de culture et la pression partielle des gaz comme le CO₂. Il s'agit également d'un parc de photobioréacteurs instrumentés, pilotés par ordinateur pour l'analyse et l'optimisation des performances des microalgues.
- **Des « moyens analytiques »** composés d'instruments comme des chromatographes en phase liquide et gazeuse ou des spectromètres de masse (MIMS, Q-TOF, Orbitrap...). Ces équipements permettent la séparation, la caractérisation et la quantification d'huiles, de molécules à haute valeur ajoutée ou de biohydrogène produits par les algues.

Partenaire du projet d'infrastructure européenne IBISBA. HelioBiotec est stratégiquement voisine de la plateforme CEA Tech visant les développements technologiques de concepts de production industrielle de microalgues.



En savoir plus





PLATEFORME TECHNOLOGIQUE

PHYTOTEC

EXPÉRIMENTATION VÉGÉTALE AU SERVICE DE LA RECHERCHE ET DES INDUSTRIELS

La plateforme PHYTOTEC regroupe un ensemble de moyens de culture en conditions contrôlées sur deux sites, La Cité des Energies à Cadarache et le campus de Luminy à Marseille. Elle est ouverte aux acteurs de la recherche et de l'industrie pour des expérimentations sur les plantes, les algues et les bactéries.

PHYTOTEC offre un soutien pluridisciplinaire pour la conception et réalisation d'expériences, avec un atelier de recherche et développement intégré pour des besoins spécifiques en mécanique et électromécanique.

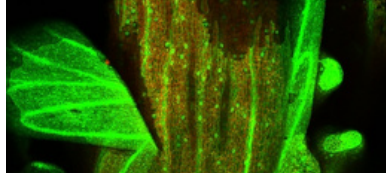
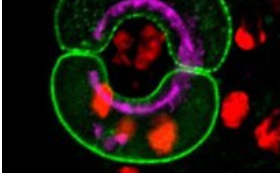
Elle se démarque par sa maîtrise technique et plusieurs grands équipements (phytotrons, boîtes à gants et Imaplant) qui adressent trois grands thèmes :

- enrichissement isotopique (^{15}N et ^{13}C),
- stress environnementaux,
- imagerie non-invasive multi-paramétrique des plantes.



En savoir plus





PLATEFORME TECHNOLOGIQUE

ZoOM

La Zone d'Observation en Microscopie ZoOM est un plateau technique mutualisé qui rassemble 7 équipements spécialisés. Véritable palette d'applications pour l'imagerie du vivant, en soutien à la R&D, elle est également ouverte aux collaborations scientifiques.

La plateforme ZoOM fonctionne en mode collaboratif, principalement pour des projets académiques ou industriels.

Ces outils offrent diverses techniques d'observation allant de l'échelle subcellulaire à celle d'un organisme entier, qu'il soit unicellulaire comme les bactéries et les microalgues ou pluricellulaire comme les plantes et les nématodes.

ZoOM est géré conjointement par le BIAM et le laboratoire d'Ecotoxicologie des radionucléides de l'IRSN*. Parmi les équipements qu'elle regroupe, on trouve :

- un microscope confocal pour l'imagerie haute-vitesse haute résolution Zeiss LSM780,
- un microscope Olympus Luminoview LV200 pour la luminescence en haute résolution
- un microscope RAMAN couplé AFM, en cours d'acquisition



En savoir plus





Les startups du BIAM

Transformer la connaissance scientifique en biotechnologies

AU SERVICE DE LA SOCIÉTÉ ET DU DÉVELOPPEMENT
TERRITORIAL

Startup du BIAM

ADEQUABIO

ADEQUABIO | LA SCIENCE DE LA DÉPOLLUTION

Exploiter tout le potentiel dépolluant des bactéries !

Reconnu par le Ministère de la Transition écologique et Solidaire (aujourd'hui Transition écologique et de la Cohésion du Territoire), Adequabio exploite le procédé Phytobarre, une référence en matière de dépollution écologique des effluents agricoles à l'aide de bactéries photosynthétiques. Depuis janvier 2018, 21 exploitations ont été équipées en Région Sud et 15 autres dans le reste de la France.

Forts de cette première expérience, les anciens chercheurs du BIAM se concentrent à présent sur le développement **de solutions de dépollution** capables de traiter divers effluents toxiques.

Adequabio présente ainsi un bel exemple de valorisation de la recherche fondamentale au service du territoire.

<https://www.adequabio.fr/>



BioIntrant

RÉCONCILIER L'AGRICULTURE ET L'ENVIRONNEMENT

Améliorer la productivité de l'agriculture en renforçant la croissance et la santé naturelle des plantes

A l'heure actuelle l'agriculture moderne affaiblit la structure des sols par une approche qui ignore les **interactions sol-plante-microorganismes**, pourtant vitales à l'ensemble des végétaux. BioIntrant est une startup du BIAM, créée par des chercheurs et ingénieurs du BIAM qui ont compris tout l'intérêt de ces interactions. Ils ont mis au point des biostimulants probiotiques destinés à renforcer naturellement les cultures.

C'est grâce à la combinaison d'expertises en écologie microbienne, bio-informatique, et agronomie que BioIntrant a pu développer une gamme de biosolutions "prêtes à l'emploi" capables d'aider les sols à supporter une agriculture intensive et les plantes à résister aux stress environnementaux.

"Faire évoluer les pratiques, et apporter des solutions à base de bactéries aux agriculteurs pour limiter l'usage de produits à base de chimie de synthèse", tel est l'objectif de cette startup !

<https://www.biointrant.com/>



MERCI

À NOS PARTENAIRES ET COFINANCEURS





Institut de Biosciences et biotechnologies d'Aix-Marseille

Répondre aux enjeux
environnementaux et sociétaux
par des approches durables
de R&D



BIAM-UMR 7265
**INSTITUT DE BIOSCIENCES
& BIOTECHNOLOGIES
D'AIX-MARSEILLE**



Aix★**Marseille**
université
Socialement engagée