JOURNÉE SCIENTIFIQUE

CeMEB

BIOINSPIRATION & SOLUTIONS BASÉES SUR LA NATURE

5 NOV 2020

9h-17h30

Résumés des présentations

LA CONFÉRENCE EST DIFFUSÉE **EN REPLAY SUR YOUTUBE**

INFOS SUR **WWW.LABEX-CEMEB.ORG**

En partenariat avec

Ceebios · Institut des Futurs souhaitables · Muséum National d'Histoire Naturelle · GrowBot · Université de Montpellier · Investir l'avenir

INTRODUCTION

Le vivant, à travers ses formes et structures, ses matériaux et procédés, son organisation et ses écosystèmes, constitue une formidable source d'inspiration pour les chercheurs et ingénieurs.

La nature met en effet en œuvre depuis environ 3,8 milliards d'années, un processus d'adaptation évolutive qui a sélectionné les solutions les plus efficaces et économes en énergie et en ressources.

Les approches bio-inspirées se sont rapidement développées au cours des dix dernières années, et peuvent constituer un accélérateur d'innovations durables dans de nombreux domaines (gestion des ressources naturelles, bioremédiation, agriculture, énergie, médecine, informatique, robotique, chimie verte, nanotechnologies, transports, bâtiment, etc.). Il est largement admis que les défis actuels auxquels l'humanité est confrontée, en particulier le changement global, l'érosion de la biodiversité, la dégradation des habitats, les pollutions…, nécessitent de nouvelles approches et de nouvelles technologies. La recherche sur l'écologie, l'évolution et la biologie fonctionnelle des animaux, des plantes et des micro-organismes peut fournir un large éventail de pistes potentielles vers de nouvelles approches, de nouveaux outils et de nouvelles technologies innovantes.

La collaboration interdisciplinaire entre biologistes, physiciens, chimistes, ingénieurs et médecins peut permettre un échange d'informations très fructueux et symbiotique, qui peut enrichir chaque discipline et soutenir le développement d'approches entièrement nouvelles. La journée scientifique a rassemblé chercheurs, enseignants, étudiants, entreprises locales et autres parties prenantes potentielles, principalement issus de la communauté scientifique en écologie biodiversité, mais également des chercheurs d'autres domaines.
Elle s'intéressera aux questions suivantes :

(a) Qu'est-ce que la bioinspiration ?

(b) Quel est l'état de l'art au niveau national et international ?

(c) Qui fait de la bioinspiration au sein de la communauté scientifique de Montpellier ?

(d) Quels types de projets sont actuellement en cours ?

(e) Quelles sont les étapes de la démarche en bioinspiration?

LA JOURNÉE A PRESENTÉ :

- Des projets basés sur l'utilisation de propriétés et processus naturels dans un but d'ingénierie et de restauration écologique, de bioremédiation, de lutte biologique, d'agroécologie…
- Des projets d'innovation basés sur une approche d'imitation des processus, mécanismes, structures, propriétés, interactions et fonctionnalités biologiques, et comportant une application transposée aux secteurs de la médecine, transport, habitat, matériaux, industrie…

La Labex CeMEB (Centre Méditerranéen de l'Environnement et de la Biodiversité) à Montpellier regroupe une large communauté scientifique d'environ 1300 personnes dont environ 850 chercheurs permanents issus de 10 laboratoires. Les recherches portent sur tous les types d'écosystèmes, du continental au marin, et sur l'ensemble du vivant, des virus aux baleines. Les approches vont du très fondamental, qui fait la réputation internationale de la communauté écologie-environnement, jusqu'aux nombreuses et novatrices applications en gestion environnementale et biologie de la conservation.
La thématique « Bioinspiration et Solution fondées sur la Nature » constitue l'une des quatre thématiques prioritaires identifiées dans le cadre de la politique de soutien au transfert et à la valorisation de CeMEB. Le biomimétisme constitue un potentiel de recherches transdisciplinaires, associant sciences biologiques et d'autres domaines disciplinaires, et représente un potentiel d'innovations propre à stimuler une dynamique partenariale avec le monde socio-économique. Enfin, il constitue un axe de travail très prometteur pour soutenir la transition énergétique et écologique (ODD).
https://www.labex-cemeb.org/

RETROUVER LE **REPLAY** DES PRÉSENTATIONS SUR LA **PAGE YOUTUBE DU LABEX**

JOURNÉE SCIENTIFIQUE

PROGRAMME

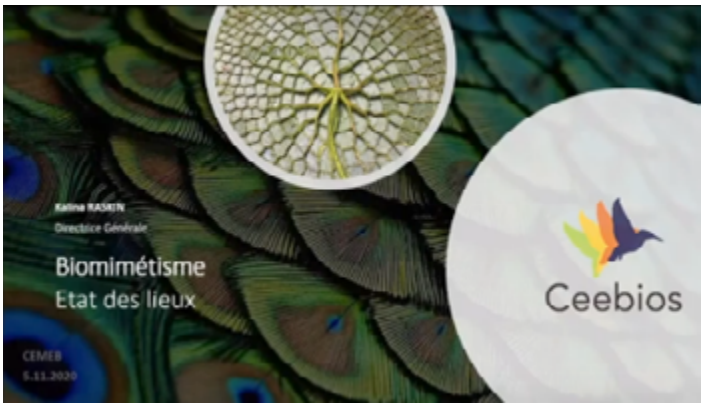
9h00	**Mot d'accueil** par **Philippe Augé**, *Président de l'Université de Montpellier.*
9h15	**Introduction de la journée par le LabEx CeMEB,** **Eric Garnier** et **Sophie Boutin**
	CONFÉRENCES INTRODUCTIVES
9h30	**Kalina Raskin**, *Directrice générale Ceebios* **Introduction et présentation de la démarche, contexte national et international**
10h00	**Tarik Chekchak,** *Directeur Biomimétisme, Institut des Futurs Souhaitables* **Aspects bioéthiques et méthodologiques de la démarche**
	REVUE DE PROJETS
10h30	**Avineck : le cou des oiseaux, un bras pour les robots** **Anick Abouchard,** Museum National d'Histoire Naturelle, Paris - **Olivier Duriez**, UMR CEFE Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive, Montpellier
10h50	**Étude de l'efficience d'un système de propulsion maritime par foil oscillant souple** **Théo Simonet**, Laboratoire de Mécanique et de Génie Civil, Montpellier.
11h10	**Peut-on naviguer sans GPS ni réseau 5G ? Oui, je suis un robot fourmi** **Julien Serres**, Institut des Sciences du Mouvement, Aix-Marseille.
11h30	**GrowBot - La biomécanique et les mouvements des plantes grimpantes :** nouveaux modèles pour de nouveaux robots **Nick Rowe**, AMAP - Botanique et Modélisation de l'Architecture des Plantes, Montpellier.
11h50	**Approche biomimétique pour optimiser la digestion anaérobie** **Jean-Jacques Godon**, Laboratoire de Biotechnologie de l'Environnement, INRAE, Narbonne.
12h10	**Un piège biomimétique à l'encontre du frelon asiatique : la piste des plantes carnivores** **Laurence Gaume**, AMAP - Botanique et Modélisation de l'Architecture des Plantes, Montpellier.
12h30	**Conception bio-inspirée de nanostructures 3D à base d'ADN** **Gaetan Bellot**, Centre de Biochimie Structurale – INSERM, Montpellier.
12h45	**PAUSE-DÉJEUNER**
14h00	**Bioinspire Museum : une introduction** **Annabelle Aish,** MNHN - Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris.
14h20	**Limiter les captures accidentelles de dauphins par la pêche avec des balises acoustiques bio-inspirées** **Bastien Merigot**, MARBEC - Marbec MARine Biodiversity, Exploitation and Conservation, Montpellier.
14h40	**Bio-mimétisme en mer : solutions fondées sur la nature pour le design d'infrastructures maritimes** **Sylvain Pioch**, CEFE - Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive, Université Paul Valéry, Montpellier.
15h00	**Valorisation du microbiote naturel de l'huître du Pacifique Crassostrea gigas,** application pour une aquaculture écoresponsable **Luc Dantan**, IHPE - Interactions Hôtes Parasites Environnement, Perpignan
15h20	**PAUSE**
15h35	**Bio-phytoépuration pour amener la nature en ville** **Magali Gérino**, ECOLAB, Université Paul Sabatier, Toulouse.
15h55	**Enquêter sur la bio-inspiration. Approche anthropologique et méthodologie d'enquête** **Lauren Kamili**, CHIMECO et Laboratoire d'Anthropologie Sociale, EHESS, Paris
16h15	**Comment la nature peut-elle nous aider à définir la valeur environnementale de notre urbanisme ?** **Benoit Boldron**, U Toulouse, Laboratoire LISST-CIEU /Toulouse Métropole
	PRÉSENTATIONS FLASH
16h35-17h00	**i-DZIANI - Développement d'un procédé de production de biogaz inspiré des interactions microbiennes d'un écosystème naturel hyperproductif et stable** (lac Dziani Dzaha, Mayotte) **Emilie Le Floc'h**, MARBEC - Marbec MARine Biodiversity, Exploitation and Conservation, Montpellier. **BIOMIMBOT : la robotique pour le perchage de drone aérien bioinspiré** **Thibaut Raharijaona**, Ecole Nationale d'Ingénieurs de Metz **Apport de l'approche bio-inspirée pour la construction de modèles numériques d'éco-sociosystèmes** **Jean Lefur**, CBGP - Centre de Biologie pour la Gestion des Populations, Montpellier
	TABLE RONDE
17h00-17h30	**Enjeux et opportunités pour le développement d'une dynamique autour du biomimétisme et de l'innovation bioinspirée.** **Nick Rowe**, chercheur AMAP/CIRAD Montpellier - **Kalina Raskin**, Ceebios - **Eric Fouilland**, chercheur CNRS/Marbec, Montpellier - **Aurélie Beauchart**, Agence de développement économique AD'OCC - **Darja Dubravcic**, Consultante Biomimétisme, Paris.

INTRODUCTION ET PRÉSENTATION DE LA DÉMARCHE :
état des lieux **national et international, enjeux de développement**

Kalina RASKIN - *Directrice générale,* CEEBIOS

Le biomimétisme, démarche consistant à réaliser un transfert des connaissances depuis la biologie vers d'autres champs disciplinaires, a récemment connu une explosion dans l'index des publications scientifiques, et un nombre croissant de brevets et de projets industriels impliquant start-up, PME ou grandes entreprises. Cet essor est dû au fait que les efforts actuels de production en meilleure adéquation avec les objectifs de developpement durable, correspondent parfaitement au cahier des charges de la nature elle-même, et peuvent trouver des applications dans de nombreux domaines (énergie, matériaux, chimie, gestion de l'information et du signal, gestion de l'eau, urbanisme, agroécologie, etc). La démarche est également soutenue institutionnellement, par des textes règlementaires, des travaux de normalisation en cours et des amorces de financement.

La France récèle un très fort potentiel de développement pour la démarche, dû à l'importante couverture et la grande variété des écosystèmes et modèles biologiques abrités en France et en Outremer, et par l'importance des collections biologiques du MNHN (70 millions de spécimens) qui se situent dans le top 3 mondial. La multiplication d'entreprises issues de la deeptech témoigne du contexte favorable au transfert de la recherche fondamentale vers le monde économique, induit également par l'intérêt plus marqué de certains grands organismes de recherche comme le CNRS qui l'ont intégré à leur prochain contrat d'objectif et de performance.



ASPECTS BIOÉTHIQUES ET MÉTHODOLOGIQUES DE LA DÉMARCHE

Tarik Chekchak - *Directeur Biomimétisme,* Institut des Futurs Souhaitables

Face aux conséquences sur la survie humaine mises en évidence dans les pires scenarios de l'IPBES à l'horizon 2020, le biomimétisme représente d'un point de vue éthique, une démarche d'écoconception humaniste, visant à freiner le rythme d'extinction de la biodiversité et entamer une dynamique de régénération. De ce point de vue, l'approche scientifique FFSD « Framework for Strategic Sustainable Development », apparue en Suède dans les années 80, propose un cadre de réflexion éthique reposant sur 4 principes, aujourd'hui intégrés dans la démarche du biomimétisme :
(1) peut-on parler d'un mode de développement durable si on dépend de manière excessive de substances extraites de l'écorce terrestre (2) peut-on parler de société durable si nos modes de production et de consommation génèrent des substances qui ne sont pas assimilables par les écosystèmes, dans un délai compatible avec la durabilité, (3) peut-on créer de la valeur économique aux dépens de la dégradation physique des écosystèmes et des moyens naturels (surpêche, déforestation, etc), (4) peut-on parler de durabilité si les modes de création de valeur pour certaines sociétés humaines créent pour d'autres des empêchements structurels à accéder à leurs besoins fondamentaux.

D'un point de vue méthodologique, la méthode BIOMIM+ propose plusieurs étapes dans une optique de « résolution de problème » : réaliser l'abstraction du problème en décomposant les grandes fonctions recherchées, puis réaliser une transposition de la fonction recherchée en des termes équivalents biologiques, identifier et sélectionner des modèles biologiques correspondants et prometteurs, et enfin développer des principes de design permettant de prototyper les idées.

Cette progression de pensée de la démarche de résolution de problèmes doit bien sûr respecter également les principes d'écoconception et de durabilité, à savoir la recherche d'une toxicité basse, d'une sobriété de consommation en matériaux et en énergie, et satisfaire les aspects humanistes cités précédemment.

BIOINSPIRE MUSEUM : UNE INTRODUCTION

Annabelle Aish, MNHN - Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris

Avec le soutien du Ministère de la Transition écologique, la mission Bioinspire-Muséum a été lancée en 2019 afin de soutenir et promouvoir les activités de bioinspiration au sein du Muséum national d'Histoire naturelle (MNHN), et en lien avec ses 5 grandes missions (recherche, collections, formation, communication, expertise). Les ressources du MNHN (68 millions de spécimens, 3 millions de documents ; 500 chercheurs) peuvent constituer des ressources pour des solutions bioinispirées très variées, du niveau moléculaire au niveau des écosystèmes.
Le projet Bioinspire Museum a réalisé une cartographie des acteurs bioinispirés, permettant d'identifier les chercheurs investis sur des travaux de recherche via une interrogation multicritères, et mis au point un document de cadrage précisant ce qui relève de la bioinsipiration pour le MNHN. Bioinispire Museum retient une interpretation large de la bioinspiration, en lien avec la norme ISO : si les champs d'application peuvent etre larges (industriel, artistique,culturel, etc), les projets doivent impliquer une utilisation directe de la biologie, tout en comportant une transformation, transposition ou interprétation significative de la nature. Il est également nécessaire de respecter les principes ethiques et des objectifs de développement durable.

AVINECK : le cou des oiseaux, un bras pour les robots

Anick Abourachid (Laboratoire Mecadev, Museum National d'Histoire Naturelle, Paris), **Olivier Duriez** (Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive, Montpellier), **Christine Chevallereau** (Laboratoire des sceiences du numérique de Nantes), **Benjamin Fasquelle, Philippe Wenger.**

Les oiseaux, comme les humains, sont des espèces strictement bipèdes. Leurs ailes n'étant utilisées que pour le vol, les tâches dévolues aux mains chez d'autres espèces sont assurées par le bec, et le cou est alors l'équivalent fonctionnel du bras. Certaines espèces d'oiseaux sont même spécialisées de telle sorte que leur système tête-cou est l'équivalent d'un bras appareillé. Par exemple chez les pics qui tapent contre un tronc pour creuser un nid, le système cranio-cervical est l'équivalent d'un marteau-piqueur tenu par les bras : le cou propulse la tête et amortit les chocs entre la tête et le tronc.

Dans le projet AVINECK, les propriétés mécaniques des adaptations morpho-fonctionnelles du système cervical des oiseaux ont été utilisées pour tester des hypothèses macro-évolutives et proposer des solutions originales pour des défis technologiques en robotique. La comparaison de l'anatomie du cou d'une centaine d'espèces oiseaux a permis de comprendre l'organisation du système ostéo-musculaire. Les données sur le comportement, notamment de différentes espèces de vautours, montrent en quoi les différences anatomiques participent à l'efficacité fonctionnelle. Les principes mis en évidence par les travaux en biologie évolutive sont utilisés par les roboticiens pour fabriquer des prototypes de robots innovants, souples, légers et puissants. Ils permettront d'expérimenter des architectures innovantes de robots bio-inspirés autorisant des interactions physiques sûres avec l'environnement, ce que ne permettent pas les robots actuels.

Étude de l'efficience d'un système de propulsion maritime par foil oscillant souple

Théo Simonet, Laboratoire de Mécanique et de Génie Civil, Montpellier.

Les cétacés se déplacent avec une haute efficience énergétique grâce aux oscillations de leurs nageoires caudales. De nombreuses études ont cherché à comprendre le fonctionnement et à concevoir des propulseurs marins par foils oscillants efficaces. Aujourd'hui, l'hydrodynamique des foils rigides est relativement mature, toutefois les effets 3D et notamment ceux dûs à la flexibilité du foil sont toujours à l'étude. Mon travail de thèse consiste à développer un système de propulsion marine par foil oscillant souple à l'image de la queue des cétacés. Plus particulièrement, cette étude cherche à évaluer l'importance et l'influence de la flexibilité dans le sens de l'envergure des foils lors d'une oscillation de type nageoire caudale de cétacé. Pour ce faire, un modèle non linéaire basé sur la méthode de ligne portante de Prandtl est mis en œuvre. Il permet un calcul rapide des efforts hydrodynamiques d'un foil d'envergure finie animé d'un mouvement de pilonnement et de tangage, imitant le style de nage carangiforme des cétacés. Une étude paramétrique sur les profils et la rigidité de la structure sera menée pour optimiser la poussée et l'efficience du système. Les performances, sur la portance et la poussée d'un foil infiniment rigide seront comparées à celles obtenues pour des foils animés d'une cinématique se voulant bioinspirée pour laquelle les extrémités de la queue restent relativement immobiles au moment de son changement de concavité. En effet, des photos acquises par caméra embarquée sur un grand dauphin (*Tursiops truncatus*) montrent que le changement de courbure de la nageoire caudale se fait rapidement et avec un déplacement vertical quasi nul de ses extrémités. Ces performances seront aussi évaluées au travers de simulations 3D et le développement d'un prototype. Finalement, une étude paramétrique sur des profils non symétriques, pour générer en plus de la portance, sera menée pour mettre en lumière la capacité d'un système de foil oscillant à sustenter et propulser un engin nautique comme les surfs à foil.

Peut-on naviguer sans GPS ni réseau 5G ? Oui, je suis un robot fourmi.

Julien Serres, *enseignant-chercheur* - Institut des Sciences du Mouvement UMR7287 / Aix Marseille Université

La navigation autonome est devenue l'un des enjeux technologiques majeurs du XXIème siècle. Les besoins de mobilité sont actuellement immenses en robotique. Plusieurs systèmes de localisation en extérieur sont aujourd'hui disponibles : le GNSS civil (Global Navigation Satellite System) dont la précision est de 5 m à 30 m en fonction de la météo et de l'environnement, ou bien encore le GSM (Global System for Mobile communications) pour se localiser à partir des réseaux terrestres en fusionnant ces informations avec le GNSS, ce qui permet d'atteindre une précision de 5 cm à 10 cm dans les meilleures conditions de réception des signaux. Ces solutions technologiques fonctionneront, mais seront aussi très consommatrices d'énergie à cause des émissions radio, de plus, en cas de blackout ou d'interruption de service, comment garantirons-nous la continuité du service de localisation des robots autonomes? La solution réside dans la nature, en effet de nombreux animaux naviguent avec aisance et précision sans pour autant utiliser ni de GNSS ni de GSM : ainsi les solutions bio-inspirées seraient alternatives et permettraient de naviguer en cas de défauts majeurs des réseaux GNSS et GSM. Directement inspiré de la fourmi du désert *Cataglyphis fortis*, le robot hexapode AntBot se localise en comptant ses foulées et mesure sa distance parcourue en intégrant le défilement visuel du sol, et estime son cap à l'aide d'une boussole céleste. AntBot se repositionne avec une erreur d'à peine 7 cm, soit presque 100 fois plus faible que celle du GNSS civil. La boussole d'AntBot repose sur un compas céleste détectant le rayonnement diffusé par l'atmosphère en bande spectrale ultraviolette. Cette boussole s'inspirant de la partie dorsale des yeux composés des insectes, il est doté de seulement deux photodiodes surmontées de filtres polarisants linéaires rotatifs permettant de balayer la voûte céleste. Elle mesure ainsi l'angle de polarisation de la lumière du ciel afin de fournir un cap au robot. Le modèle de détection du cap s'inspire directement de la vision de la polarisation connue chez les insectes. Bien que ce modèle biologique nous paraisse simpliste, il n'en reste pas moins très intéressant de par sa parcimonie sensorielle pour développer des instruments bio-inspirés capables de fournir une information de cap. Les performances de ce nouvel instrument de navigation bio-inspiré attestent du caractère novateur, fiable et robuste de cette boussole optique pour l'obtention du cap en robotique, et fait déjà l'objet de recherche aux côtés de partenaires industriels.

GROWBOT - La biomécanique et les mouvements des plantes grimpantes : nouveaux modèles pour de nouveaux robots

Nick Rowe, AMAP - Botanique et Modélisation de l'Architecture des Plantes, Montpellier.

La diversité fonctionnelle des plantes tropicales offre un choix étonnant de nouvelles sources potentielles de transfert biomimétique et de nouvelles technologies. Les plantes grimpantes, vignes et lianes, présentent une surprenante diversité de formes, de fonctions et de mouvements qui fascinent les biologistes depuis l'époque de Charles Darwin et de ses contemporains. De nombreux types de plantes grimpantes présentent des propriétés structurelles très variées pour traverser les vides, se déplacer et chercher des supports, s'attacher à des substrats très divers, puis développer des tiges flexibles et incassables. Le projet européen GrowBot rassemble un consortium diversifié de biologistes, de roboticiens, d'ingénieurs, de chimistes et de physiciens pour développer une nouvelle génération d'artefacts robotiques souples qui peuvent se comporter de la même manière que les plantes grimpantes et qui sont capables de croître artificiellement, de se déplacer, de prendre des décisions, de naviguer et d'accomplir des tâches dans des environnements non structurés, chaotiques et même en mouvement. Nous donnons un aperçu des applications biomimétiques potentielles des plantes grimpantes et de la manière dont elles pourraient contribuer à cette nouvelle génération de robots souples.

Approche biomimétique pour optimiser la digestion anaérobie

Jean-Jacques Godon, Laboratoire de Biotechnologie de l'Environnement, INRAE, Narbonne.

Le projet 'DANAC' partait d'un constat, le faible rendement de la digestion anaérobie industrielle, et d'une idée, le vivant a 'optimisé' la digestion anaérobie de tous les substrats organiques. L'objectif était d'identifier en terme de procédé, les 'innovations' du vivant pour dégrader différents substrats en digestion anaérobie et de transposer ces systèmes digestifs en procédés innovants. La contribution microbienne, en complément du procédé, a aussi été évaluée. L'enquête sur les systèmes digestifs a mis en évidence l'existence au sein des animaux de seulement quatre grandes structures (type d'organisation) de leurs systèmes digestifs. Ces structures et les proportions des réacteurs au sein de ces structures dépendent moins de la phylogénie des animaux que du substrat digéré (facilement, moyennement, difficilement dégradable). Dans un second temps, la 'copie' à l'échelle laboratoire de deux de ces procédés (dissociée ou non de leur composante microbiologique) a été réalisée. Lors de la copie des systèmes digestifs de la vache et du termite, on observe une production de méthane supérieure à un digesteur témoin. Cependant, l'utilisation des inocula microbiens qui leur sont associés (vache et termite) n'ont pas apporté d'amélioration.

Un piège biomimétique à l'encontre du frelon asiatique : la piste des plantes carnivores

Laurence Gaume, AMAP - Botanique et Modélisation de l'Architecture des Plantes, Montpellier.

Les abeilles, par leurs services de pollinisation, jouent un rôle clé dans la production agricole, la sécurité alimentaire et la biodiversité. Or elles connaissent un déclin sans précédent dont les causes sont multifactorielles, incluant notamment la pression de prédation du frelon asiatique, *Vespa velutina*. Conséquence de l'intensification des échanges et du changement climatique, le frelon asiatique se répand rapidement en Europe et exerce une pression importante sur les ruchers, car l'abeille domestique, *Apis mellifera*, constitue sa proie principale. Ce frelon présente aussi des risques pour la santé humaine. Cependant les campagnes d'éradication menées par les apiculteurs sont peu efficaces et dommageables pour la biodiversité. Il est donc urgent de confectionner des pièges opérationnels avec un appât sélectif. Alors qu'aucun piégeage phéromonal ne voit encore le jour, ce projet propose de s'inspirer, plutôt que de l'insecte lui-même, de plantes carnivores du genre *Sarracenia* piégeant naturellement le frelon mais peu ou pas l'abeille. Il vise à identifier dans les couleurs et les odeurs des sarracénies, les signaux sensoriels qui attirent spécifiquement le frelon, par spectrométrie, olfactométrie et électrophysiologie. Un piège biomimétique et écologique sera proposé, son efficacité et sa sélectivité testées sur le terrain. Répondant à un enjeu sociétal, ce projet novateur a obtenu le soutien financier du CNRS et surtout de MUSE (Montpellier université d'excellence). Il réunit des experts en écologie des plantes, de la vision animale, et de la chimie des odeurs et s'appuie sur le soutien matériel et humain de partenaires non-académiques directement concernés, que sont un groupement d'apiculteurs, un pépiniériste et une éducatrice 'environnement'.

Conception bio-inspirée de nanostructures 3D à base d'ADN.

Gaetan BELLOT, INSERM, Centre de Biochimie Structurale, Montpellier

Notre compréhension de l'ADN a récemment progressé à un niveau qui nous permet de commencer à construire des formes 3D sophistiquées à l'échelle nanométrique en utilisant l'ADN comme matériau de construction. Après une brève introduction, je présenterai la conception et la réalisation de nouveaux systèmes bio-inspirés pour aider à résoudre des problèmes d'intérêt fondamental et bio-médical.

Limiter les captures accidentelles de dauphins par la pêche avec des balises acoustiques bio-inspirées

Bastien Mérigot, *enseignant-chercheur* - Université de Montpellier - UMR MARBEC,
«Biodiversité Marine, Exploitation & Conservation». Partenariat : Laboratoire d'Informatique, de Robotique et de Microélectronique de Montpellier LIRMM (UM, CNRS), l'UMS PELAGIS (Université de la Rochelle, CNRS), l'IFREMER, la société OCTECH, les organisations de pêche AGLIA et Pêcheurs de Bretagne, et la participation de l'association Conscience Dauphins. Financement : Fond Européen pour les Affaires Maritimes et la Pêche (FEAMP) et France Filière Pêche (FFP).

Les prises de pêche non désirées («bycatch») de mammifères marins sont la plus grande source directe de leur mortalité dans le monde. Dans le Golfe de Gascogne la situation des échouages de dauphins causés par la pêche est particulièrement critique depuis 2016, avec une mortalité estimée à environ 11 500 de dauphins communs au cours de l'hiver 2019. Le projet DOLPHINFREE "Dolphins free from fishery bycatch" a pour objectif de limiter la mortalité de dauphins induite par les activités de pêche des chalutiers pélagiques et fileyeurs. En s'inspirant de connaissances bio-acoustiques, notamment du système d'écholocalisation, il vise à proposer pour chacune de ces pêches des prototypes de balise acoustique émettrice d'un signal compréhensible et interprétable afin de leur signaler la présence du filet et du risque de mortalité associé. Le projet comporte 3 volets principaux : i) l'acquisition de signaux à implémenter dans les balises, à partir d'expérimentations de playback de signaux d'écholocalisation; le test des balises-signaux ii) sur le comportement de groupes de dauphins sauvages, iii) lors des activités de pêche de navires professionnels.

Bio-mimétisme en mer : solutions fondées sur la nature pour le design d'infrastructures maritimes

Sylvain PIOCH, *enseignant-chercheur* - Université Paul Valéry Montpellier - Centre d'Ecologie Fonctionnelle et evolutive, Montpellier.
Partenaires : Bouygues TPM, Université Paul Valéry Montpellier 3 - CEFE, Andromèdes Océanologie, Institut Mine Telecom Alès, Monaco UrbaMer. Dimension interdisciplinaire : géographie, ecologie, génie civil, ingénierie écologique

Eco-conception de l'extension en mer de Monaco. Bio-mimétisme des fonctionnalités, habitats et espèces cibles des petits fonds côtiers méditérranéens appliqués au génie civil maritime, dans le cadre d'un projet d'aménagement du littoral. Démarche de mimétisme des petits fonds en tant que nurseries et d'intégration paysagère (écologique et esthétique). Etapes : 1 analyse des habitats et fonctions locales, 2 essai de susbtrats en béton rugueux et design (habitat) adatés, 3 choix des structures les plus efficaces écologiquement et faisables d'un point de vue technico-économique, 4 industrialisation du procédé et mise en oeuvre dans 15 caissons de 1000 T.

Valorisation du microbiote naturel de l'huître du *Pacifique Crassostrea gigas*, application pour une aquaculture écoresponsable

Luc DANTAN, *Doctorant* UMR Interactions Hôtes Pathogènes, Perpignan

L'huître du *Pacifique Crassostrea gigas* subit depuis 2008 des épisodes de mortalités massives pouvant atteindre 85% dans les naissains et menaçant la filière ostréicole. Ces épisodes de mortalité sont dus à une maladie, le Pacific Oyster Mortality Syndrome (POMS). De plus en plus d'études portant sur le microbiote ont montré l'effet de certains microorganismes sur la survie, la nutrition, l'homéostasie et le développement. L'effet bénéfique de certaines bactéries commensales est déjà exploité sous forme de probiotiques. Nous avons également identifié des espèces bactériennes préférentiellement associées aux huîtres ayant une meilleure survie lors d'épisodes infectieux. L'ensemble de ces résultats suggère une forte implication du microbiote naturel des huîtres dans leur résistance aux maladies infectieuses et ouvre les perspectives d'un champ d'application pour l'usage de probiotiques appliqués à l'ostréiculture.

Bio-phytoépuration pour amener la nature en ville

Magali GERINO, UMR Laboratoire d'Ecologie Fonctionnelle et Environnement ECOLAB (U Toulouse), D.-T. Costa & O. Gilibert (PME EPURTEK), Y. Capowiez (UMR Inrae Emmah U Avignon), D. Orange (UMR ECO&SOLS U Montpellier).

Les jardins filtrants à biodiversité augmentée sont des solutions pour traiter les eaux usées qui sont inspirées du service de régulation de la qualité et la quantité de l'eau dans les zones humides ripariennes. Ces solutions sont intégrées dans le SmartCleanGarden concept (SCG) porté par les UMR ECO&SOLS (Montpellier) et ECOLAB (Toulouse) avec la PME EPURTEK et en coopération avec l'UMR EMMAH de l'INRAe. L'idée consiste à ajouter de la biodiversité faunistique dans les filtres pour améliorer les capacités d'épuration par phytoépuration des filtres classiques. Les filtres plantés constituent déjà une technologie bioinspirée, développée par l'INRAe pour traiter les eaux usées avec la participation des plantes. Un des verrous à cette technologie est l'espace d'implantation encore trop grand (> 2m^2/equivalent habitant) pour pouvoir le développer en milieu urbain et ainsi contribuer à ramener la nature en ville. L'innovation technologique consiste à faire intervenir une biodiversité faunistique endogée en interaction avec les plantes pour faciliter l'infiltration et l'épuration de l'eau et réduire l'emprise au sol. Nos premiers travaux ont montré le rôle de facilitateur des invertébrés vis à vis des processus de phytorémédiation (Hoang et al., 2018). Un filtre pilote est en projet dans le cadre du projet néOCampus de l'Université Toulouse III, et le projet SCG vise à utiliser ces filtres comme plateforme d'expérimentation multidisciplinaire pour la recherche et l'enseignement sur d'autres campus.

Enquêter sur la bio-inspiration. Approche anthropologique et méthodologie d'enquête

Lauren Kamili, *doctorante* CHIMECO et Laboratoire d'Anthropologie Sociale, EHESS, Paris. Partenariat ADEME.

Le biomimétisme et la bio-inspiration, approches consistant à s'inspirer du vivant pour développer des innovations technologiques plus respectueuses de l'environnement et plus performantes économiquement, connaissent depuis une vingtaine d'années une popularité croissante. Mais de quoi s'agit-il exactement ? Plutôt que de définir ce qu'est le biomimétisme, il s'avère plus pertinent pour l'ethnologue de se demander ce que font les êtres humains lorsqu'ils disent imiter des êtres vivants. En s'appuyant sur une enquête ethnographique de longue durée dans le laboratoire de chimie bio-inspirée et d'innovations écologiques ChimEco (UMR 5021), il s'agit alors d'esquisser les contours d'une approche anthropologique de l'étude des pratiques d'imitation du vivant : quels sont les savoir-faire mis en œuvre ? Quelles actions sont effectuées sur le vivant ? Quelles relations aux autres existants ces dernières impliquent-elles ?

Comment la nature peut-elle nous aider à définir la valeur environnementale de notre urbanisme ?

Benoit Boldron, U Toulouse, Laboratoire LISST-CIEU /Toulouse Métropole

Alors qu'il convient de faire évoluer nos villes pour intégrer de manière plus prégnante la question environnementale, pourquoi ne pas justement s'inspirer de la Nature pour proposer une nouvelle grille d'analyse, un nouvelle méthodologie de planification urbaine ? Les écosystèmes naturels ne seraient-ils pas une source d'inspiration pour définir un nouveau mode d'aménager ?

En partant « d'indicateurs organiques » articulés autour du principe de création de valeurs, environnementale, sociale et économique, comment pourrait-on renverser notre approche pour que la santé environnementale (dont humaine), la richesse de la biodiversité ou bien encore le comportement des animaux soient des indicateurs non négociables de nos politiques publiques ?

Autant de questions sur lesquelles des réponses sont en partie apportées dans différentes métropoles à l'international, et qui constituent des pistes à agréger pour poser les bases d'une nouvelle approche, un « plan de résilience écosystémique urbain ».

i-DZIANI
Développement d'un procédé de production de biogaz inspiré des interactions microbiennes d'un écosystème naturel hyperproductif et stable (lac Dziani Dzaha, Mayotte)

Emilie Le Floc'h, MARBEC - Marbec MARine Biodiversity, Exploitation and Conservation, Montpellier.
Coordination E. Fouilland (MARBEC). AO Biomimetisme MITI CNRS. Le Floc'h E(1), Buffière P(2), Félix C(1), Gobet A(1), Jézéquel D(3), Leboulanger C(1), Sarazin G(3), Sialve B(2), Fouilland E(1) [1:MARBEC, Univ Montpelllier, CNRS, IRD, IFREMER, Sète France / 2: INSA Lyon, France/ 3: IPGP, Paris, France.

Le projet i-Dziani s'inspire du fonctionnement unique du lac tropical thalassohalin Dziani Dzaha (Mayotte), un écosystème aquatique exclusivement microbien. Cet environnement se caractérise par une biomasse très dense de cyanobactéries photosynthétiques en surface et une méthanogenèse intense en profondeur, réalisée par un consortium d'archées et de bactéries hétérotrophes. Le lac rejette par conséquent de très grandes quantités de méthane, inégalées à ce jour dans les écosystèmes aquatiques. En associant écologistes microbiens (MARBEC), géochimistes (IPGP) et spécialistes de bioprocédés (INSA-Lyon), l'objectif du projet i-Dziani est de 'domestiquer' les communautés microbiennes du Dziani Dzaha en photobioréacteur bi-phasique, couplant processus aérobies (fixation photosynthétique de CO2, absorption d'azote et de phosphore) et méthanisation en anaérobie dans un système unique. Le recyclage des déchets organiques par méthanisation est largement répandu à l'échelle industrielle, notamment dans un contexte d'économie circulaire. Un procédé associant à la fois la remédiation de polluants inorganiques, la fixation de CO2 et la production de biogaz n'a toutefois, à notre connaissance, pas encore été implémenté. Le caractère biomimétique innovant du projet réside dans le couplage de métabolismes complexes assurés par des communautés microbiennes diversifiées. Le projet est en cours, ses premières étapes ont consisté en : 1) la fabrication d'un réacteur prototype équipé de capteurs pour la mesure de la température, de l'oxygène dissous et des gaz produits (CO2 et CH4), 2) la mise en place de 2 zones physiquement et chimiquement stables, 3) la mise en co-culture stable de microorganismes photosynthétiques en surface, et d'une communauté méthanogène en profondeur du photobioréacteur.

BIOMIMBOT :
la robotique pour le perchage de drone aérien bioinspiré

Thibaut Raharijaona, Ecole Nationale d'Ingénieurs de Metz

Tous les oiseaux sont issus de dinosaures bipèdes spécialisés pour le vol, qui ont traversé la crise Crétacé Tertiaire pour se diversifier à partir d'une structure anatomique unique. Cette histoire évolutive explique la grande homogénéité de la forme du corps des oiseaux, qui, sous leurs plumes, partagent des caractéristiques identiques. Parmi celles-ci, la structure des pattes qui permet aux 10 000 oiseaux de partager une bipédie stricte avec une seule autre espèce, l'espèce humaine. L'histoire d'une collaboration entre biologistes et roboticiens montre comment des regards croisés sur un même modèle permettent des avancées en robotique, micro-mécatronique et en bioinspiration. Le projet BIOMIMBOT a pour objectif de construire une patte d'oiseau robotique bioinspirée qui équipera un drone percheur. L'objectif des drones percheur est d'accéder à l'environnement dans de nombreux endroits pour des opérations de récupération, d'exploration et de surveillance. Le principal défi est de construire un mécanisme léger qui peut être facilement monté sur le drone, lui permettant de se percher de manière stable sur une variété de substrats naturels. Nous nous inspirons de l'anatomie des oiseaux pour optimiser l'interaction des drones avec l'environnement. Nous décrivons grâce à des considérations préliminaires comment combiner : (i) la configuration du pied, (ii) la disposition des tendons et (iii) la structure de la surface plantaire, pour construire un drone bioinspiré capable de se percher. Nous avons réalisé des acquisitions vidéo en 3D avec des oiseaux vivants sur un perchoir instrumenté de capteur de pression. Nous avons étudié l'anatomie de la patte entière de l'oiseau pour construire un premier prototype à l'aide d'impression 3D.

PRESENTATIONS FLASH

Apport de l'approche bio-inspirée pour la construction de modèles numériques d'éco-sociosystèmes

Jean Lefur, CBGP - Centre de Biologie pour la Gestion des Populations, Montpellier

Dans le domaine de l'éco-informatique, l'approche bio-inspirée est le plus souvent dédiée à la résolution de problèmes algorithmiques tels que l'optimisation. Dans le domaine particulier de la modélisation de populations et d'écosystèmes, les processus à représenter sont le plus souvent formalisés comme des abstractions aptes à capturer le plus simplement les phénomènes à appréhender. Lorsque les systèmes à représenter sont complexes, la portée de ces mécanismes ne permet pas de couvrir toutes les situations qui peuvent être rencontrées. Le projet présenté vise à représenter de la façon la plus universelle possible, au sein d'un unique modèle, divers phénomènes sur de multiples échelles temporelles, spatiales et fonctionnelles. La solution qui a été retenue pour ce faire est de chercher à copier les mécanismes de la Nature pour représenter les entités à représenter. Fondé sur une approche dite à base d'agents et orientée objet, le modèle construit des populations constituées de robots informatiques qui miment le plus naturellement possible les entités à représenter. Ainsi ces robots sont par exemple dotés d'un code génétique, transmissible par reproduction. L'ADN qu'ils «embarquent» leur permet d'exprimer divers traits biologiques qu'ils utilisent ensuite pour réaliser divers comportements dans l'environnement simulé. Les différents types d'agents représentés empruntent leur code génétique à une arborescence qui mime l'arbre phylogénique. En essayant de représenter systématiquement la Nature telle qu'elle est connue, cette approche permet de disposer d'une modélisation robuste permettant de formaliser dans une même représentation une grande diversité d'êtres vivants (humains, rongeurs, oiseaux, plantes, parasites, prédateurs) et de les faire interagir sur la base d'un schéma partagé. Développé depuis plus d'une dizaine d'années, le modèle a ainsi permis de représenter aussi bien des processus historiques à l'échelle d'un pays, des expériences de laboratoire, des processus cellulaires ou des processus écologiques à l'échelle d'une région ou d'une ville.

TABLE RONDE

Enjeu et opportunités pour le développement d'une dynamique autour du biomimétisme et de l'innovation bioinspirée

Intervenants : Darja Dubravcic, Aurélie Beauchart (Ad'Occ), Kalina Raskin, Eric Fouilland (chargé de mission valorisation CNRS INEE), Kalina Raskin

Animation : Nick Rowe, Eric Fouilland, Sophie Boutin

REMERCIEMENTS

Le LabEx CEMEB remercie chaleureusement l'ensemble des participants à cette journée, incluant en premier lieu les intervenants, les membres du Comité d'organisation, et ses partenaires techniques

COMITE D'ORGANISATION

Partenaires extérieurs	
Ceebios	**Kalina Raskin** **Laura Magro** **Hugo Chevalier** **Yann Bachelier** **Bertrand Montfort**
Institut des Futurs souhaitables	**Tarik Chekchak**
Muséum National d'Histoire Naturelle	**Annabelle Aish**

Communauté CEMEB	
Université Perpignan Via Domitia	**Christoph Grunau** (IHPE / Université de Perpignan)
CeMEB	**Sophie Boutin** (CeMEB)
cirad CBGP	**Enric Frago** (Cirad/CBGP)
cnrs marbec	**Eric Fouilland** (CNRS, Marbec), *Chargé de mission* INEE, *Responsable* RTP Inovaee.
cirad GROWBOT	**Nick Rove** (Cirad/AMAP), **Thierry Fourcaud** (Cirad/AMAP)

PARTENAIRES TECHNIQUES

Régie technique et diffusion streaming : Cosciences (https://cosciences.net/)
Graphisme : Valérie Salerno (www.letiroirgraphique.com)

COORDONNEES ET CONTACTS

Contact : sophie.boutin@umontpellier.fr
https://www.labex-cemeb.org/

RETROUVER LE **REPLAY** DES PRÉSENTATIONS SUR LA **PAGE YOUTUBE DU LABEX**