LUM

N°17
JUIN /
SEPT 2022

Le magazine science et société de l'Université de Montpellier

La part d'innovation

Édito

Innovez

Dans l'histoire de notre pays, l'université a longtemps été cantonnée à son rôle de formation, pour lui confier plus tard un rôle en recherche ; mais ses missions sont loin de s'arrêter là. En effet, les textes officiels précisent que le service public de l'enseignement supérieur doit contribuer à la réussite des étudiants, au développement de la recherche, à la diffusion des connaissances, mais aussi à la croissance et à la compétitivité de l'économie et à la réalisation d'une politique de l'emploi prenant en compte les besoins économiques, sociaux, environnementaux et culturels.

Cette contribution au bénéfice de notre environnement socio-économique n'est donc pas une option, mais bien une mission de service public. Nous cherchons ainsi à transformer certaines des connaissances acquises par la recherche académique en produits et en services nouveaux, voire en actions publiques, car l'innovation, à laquelle ce 17e numéro de *Lum* est consacré, ne concerne pas que le monde marchand. Cette mission implique de travailler à plusieurs niveaux : mise en place de relations contractuelles solides et équilibrées avec des entreprises, soutien à la maturation des technologies, ou incubation de jeunes entreprises, par exemple.

L'Université de Montpellier est ancrée sur un territoire contrasté, avec un environnement agréable et accueillant et, malgré une croissance de l'emploi vigoureuse, des taux de chômage et de pauvreté parmi les plus élevés du pays. Cela n'empêche pas, et stimule même peut-être l'innovation : les esprits entreprenants se tournent vers la création de savoir, de technologie, ou d'entreprises qui leur permettent de développer leur projet professionnel tout en respectant leur projet de vie.

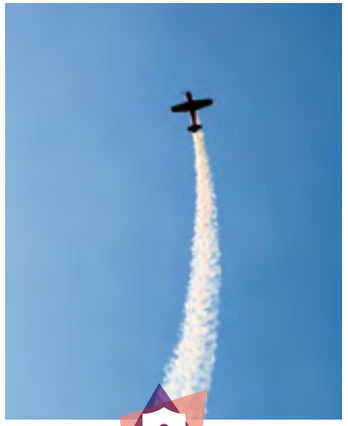
Les pages qui suivent donnent un aperçu de l'impact positif que peut avoir la recherche universitaire quand elle est mise au service de la société, et ce, dans des domaines très variés : au bénéfice de la santé bien sûr, mais aussi de l'écologie, des objets intelligents, ou même dans le secteur juridique. Les aventures d'innovation qui sont citées ici illustrent également une autre caractéristique de la recherche universitaire : prenons l'exemple du secteur de la santé, il est très intéressant de constater que si des solutions émanent évidemment de nos laboratoires de biologie ou de médecine, d'autres sont les fruits des travaux de roboticiens, électroniciens, informaticiens, etc.

L'université permet cette richesse et cette diversité en laissant les travaux de recherche se dérouler librement et en les aidant quand cela est opportun à franchir les portes du laboratoire.

Nous vous souhaitons une bonne lecture de ce 17e numéro du magazine *Lum*.

Philippe Augé,
Président de l'Université de Montpellier

François Pierrot,
Vice-président chargé des partenariats
et de l'innovation



Environnement

6
BioInspir fait rimer chimie avec écologie

10
Une vague technologique pour protéger la grande bleue

12
La promesse d'un nouvel air

13
Innover pour la biodiversité avec Qualinoa

14
Innovation verte

Santé

16
Eurobiomed : « Collaborer pour l'innovation »

18
Innover de la tête aux pieds

20
Thérapies high-tech : des traitements et du divertissement

22
Des biotechnologies made in *Montpellier*

Sécurité

26
Un pont sécurisé vers vos appareils connectés

27
La révolution des ondes TéraHertz

28
NinjaLab, la cryptanalyse étoilée

29
Profession jurigeek

30
Sky is the limit

Lum - magazine de l'Université de Montpellier
163 rue Auguste Broussonnet - 34 090 Montpellier - www.umontpellier.fr
Directeur de publication // Philippe Augé
Réalisation // Direction de la communication - communication@umontpellier.fr
Rédactrice en chef // Aline Périault - aline.periault@umontpellier.fr - tél. : 04 34 43 31 89

#umontpellier

Rédaction // Lucie Lecherbonnier, Aline Périault, Magali Reinert
Conception graphique et mise en page // Caroline Macker, Thierry Vicente
Illustrations // Thierry Vicente
Impression // JF impression - 96 rue Patrice Lumumba - 34 075 Montpellier
Tirage // 6 000 exemplaires - **Dépôt légal** // Juin 2022 - **ISSN** // 2431-1480

6
BioInspir fait rimer chimie avec écologie

10
Une vague technologique pour protéger la grande bleue

12
La promesse d'un nouvel air

13
Innover pour la biodiversité avec Qualinoa

14
Innovation verte

ENVIRONNEMENT

BIOINSPIR FAIT RIMER CHIMIE AVEC ECOLOGIE

Fauche des parties aériennes de renouées du Japon, *Fallopia japonica*, dans le Gard. Cette plante envahissante se développe en France depuis le 19e siècle, mettant en danger les écosystèmes locaux et les zones humides

Dépolluer l'eau avec… des plantes aquatiques. C'est le procédé écologique et innovant développé par le laboratoire ChimEco* qui a mis au point un filtre végétal capable de capter les métaux dans les eaux polluées. « *Après avoir travaillé sur la dépollution des sols grâce à des plantes hyper accumulatrices de métaux lourds, nous nous sommes rendus compte sur le terrain de l'étendue de la pollution de l'eau* », se souvient Claude Grison. Ces plantes si particulières pourraient-elles, là aussi, être une arme contre la pollution ? L'intuition de la chimiste devient très vite une réalité et dès 2016 les chercheurs commencent à traiter les systèmes aquatiques avec des plantes. « *Elles possèdent à la surface des racines des antennes moléculaires qui captent les éléments métalliques.* »

Une expérience qui prend une autre dimension le jour où Claude Grison et son équipe trouvent une plante morte dans leur système de dépollution. « *Morte, elle gardait la même capacité de dépollution !* », se souvient la chercheuse. Le procédé évolue alors : « *désormais on broie des racines pour faire des filtres végétaux qui dépolluent l'eau* ». Et pas n'importe quelles racines… Les chimistes-écologues utilisent des espèces envahissantes, véritables catastrophes écologiques dans les zones humides. Dépolluer l'eau en restaurant l'environnement, un véritable coup double pour cette innovation.

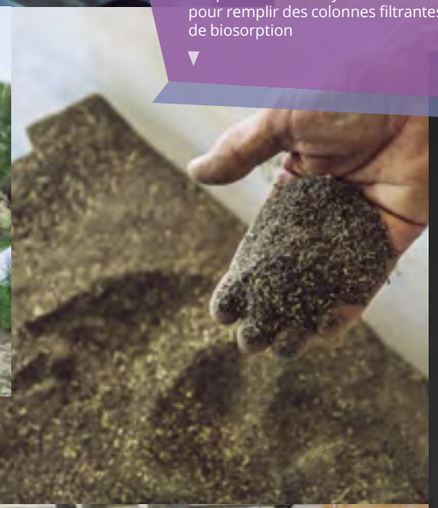
Un procédé révolutionnaire aux notes d'économie circulaire puisque les substances extraites de l'eau par les plantes servent ensuite à produire des catalyseurs d'origine végétale. Ces derniers permettent de produire diverses molécules nécessaires à des secteurs comme l'industrie pharmaceutique par exemple. C'est pour valoriser ces produits que la start-up BioInspir est née en 2021. La société née de la volonté de créer une chimie différente est la seule au monde à maîtriser cette technologie qui n'utilise aucun intrant chimique, aucun solvant ni réactif de synthèse. « *C'est une filière sans empreinte environnementale* », précise Claude Grison. Une véritable chimie écologique avec un grand gagnant, l'environnement. AP

* ChimEco (CNRS, UM)

Arrachage de jussies d'eau, *Ludwigia peploides* dans le Gard. Cette plante aquatique envahissante sert dans des biofiltres dépolluants

Analyse du taux d'éléments métalliques après biosorption dans des échantillons, à l'aide d'un spectromètre d'absorption atomique à four graphite

Les plantes sont broyées et réduites en poudre pour remplir des colonnes filtrantes d'un pilote de biosorption



© UM

photos © Cyril Fresillon / ChimEco / CNRS Photothwèque

Découvrez le laboratoire de Chimie Bio-inspirée et Innovations écologiques en image grâce à cette vidéo qui présente les activités de ChimEco

Face à une Méditerranée surexploitée, les scientifiques cherchent à réduire les agressions des activités humaines sur les milieux marins. Parmi les solutions technologiques, l'application mobile Donia pour inciter les plaisanciers à protéger les herbiers et l'Overboat, un jet ski électrique.

« C'est une nouvelle façon de se déplacer sur l'eau »

Une vague technologique pour protéger la grande bleue

© Neocean

Océanographes et biologistes marins montent sur le pont. Fâchés d'étudier des milieux tout en assistant à leur destruction, ils combinent leurs connaissances écologiques et le vent technologique qui souffle sur les sciences pour imaginer des solutions et mettre sur pieds des produits grand public. L'application de navigation Donia doit ainsi permettre aux plaisanciers de protéger les écosystèmes marins sensibles. *« L'idée de cette application vient de nos travaux sur la protection de la posidonie, une espèce protégée mais qui continue de disparaître à cause de l'ancrage des bateaux »*, raconte Julie Deter, enseignante-chercheuse au laboratoire biodiversité marine, exploitation et conservation (Marbec*) et cheffe de projet à Andromède océanologie, un bureau d'études en écologie marine.

Entre 2011 et 2018, un quart des herbiers de posidonie ont disparu du fait du mouillage dans la baie de Golfe-Juan, et ce malgré l'interdiction de détruire cet habitat marin protégé. *« L'interdiction est sans effet car le pouvoir de police ne s'applique que si la destruction est volontaire. Or impossible de déterminer si un plaisancier a sciemment ou non jeté son ancre dans un herbier »*, se désole Julie Deter. En proposant une cartographie simplifiée des habitats marins jusqu'à 50 mètres de profondeur, Donia sensibilise ainsi les navigateurs, tout en leur apportant des informations sur la réglementation marine. Ces cartes s'appuient sur la cartographie fine et continue des habitats marins côtiers méditerranéens entre 0 et 80 mètres publiée en 2014.

*Marbec (UM, IRD, CNRS, Ifremer)

De l'océanologie dans votre smartphone

Lancée en 2013 par Andromède, l'application décroche le prix Entreprises & Environnement. Elle compte aujourd'hui 33 000 utilisateurs actifs. Pour attirer les moins écolos d'entre eux, plusieurs fonctions ont été prévues : informations pratiques pour des mouillage faciles, météo, cartes marines et points d'intérêt comme les sites de plongée ou sentiers sous-marins. *« Autre argument, c'est une appli communautaire qui permet de partager des mouillages sympas, des spots de plongée, des observations de faune marine, des dangers flottants »*, défend Julie Deter qui verrait bien Donia comme *« un waze de la mer »*.

Mais pour l'écologue, l'enjeu est aussi de mieux contrôler les mouillages. Mission accomplie pour les bateaux de plus de 24 mètres, obligatoirement équipés d'une balise qui permet leur identification et leur localisation. *« Notre équipe a travaillé avec l'Agence de l'eau Rhône Méditerranée-Corse, la Préfecture maritime et les douanes pour faire évoluer la réglementation. Une interdiction ferme pour le mouillage dans les herbiers s'impose désormais pour les bateaux de plus de 24 mètres »*, se réjouit la chercheuse. Pour les autres, faute de balise, difficile encore de durcir les contrôles, même s'ils représentent 95% des bateaux qui mouillent sur les côtes. Pour mieux évaluer leur impact écologique sur les herbiers, une recherche vient d'être lancée au sein d'Intosea, le laboratoire commun unissant l'Université de Montpellier et Andromède Océanologie.

Toujours face à l'impératif d'atténuer les impacts des activités humaines, l'océanographe Vincent Dufour a imaginé en 2016 l'Overboat, un petit bateau électrique qui a vu le jour en 2019. Sous des allures de jet ski du futur, cet engin monoplace ou biplace se déplace avec un foil, grâce à des batteries électriques. Vincent Dufour défend sa création : *« Non seulement c'est une nouvelle façon de se déplacer sur l'eau, mais surtout, il n'y a pas besoin d'être un crack puisque l'intelligence du bateau va tout gérer à votre place. »* De nombreuses technologies sont en effet embarquées à bord : *« des calculateurs traitent en permanence les informations sur la position du bateau pour assurer son équilibre »*, précise Frédérique Bos, la directrice commerciale de Neocean. Cette entreprise a été créée *ad hoc* par Vincent Dufour pour développer l'Overboat.

Bilan carbone

Côté écologie marine, l'embarcation affiche le silence du moteur électrique et le faible sillage du bateau, qui réduit d'autant l'endommagement des berges lié à l'érosion. Mais surtout, le foil de l'Overboat, en réduisant les frottements, diminue considérablement l'énergie nécessaire à sa propulsion : *« le foil divise par quatre la consommation énergétique »*, pointe Frédérique Bos. Pour prouver cette empreinte écologique réduite, Neocean s'est attelée à comparer les émissions de CO_2 avec un jet ski, en prenant en compte la construction et trois années d'utilisation : si l'Overboat fait moins bien à la construction à cause des batteries, au bout de trois ans son bilan carbone est de 2 600 kg équivalent CO_2 contre 38 000 kg équivalent CO_2 pour le jet ski.

Mais pourquoi faire de l'électrique alors que la voile est le moyen de transport le plus écolo ? *« Ce n'est pas les mêmes usages ! L'Overboat intéresse les opérateurs des ports et des parcs marins par exemple, qui doivent sillonner entre les bateaux, accoster facilement. Il a aussi du succès auprès des bases nautiques où les nuisances sonores et les pollutions deviennent une préoccupation et qui cherchent des loisirs moins impactant »*, précise Frédérique Bos. L'Overboat a déjà convaincu une trentaine de clients, en France mais aussi en Espagne, en Italie et en Hollande. Prévoir quand même environ 30 000 euros à l'achat. MR

La promesse d'un nouvel air

Mesurer la qualité de l'air exactement à l'endroit et au moment où nous le respirons, voilà le service que proposera Mobil'Air. Des capteurs modulables capables de mesurer le taux de CO2, la nature des particules ou encore la pression atmosphérique. Le tout contenu dans un boitier miniaturisé à emmener ou à poser partout.

Choisir son parcours de jogging ou son itinéraire vélo pour aller au travail en tenant compte de la qualité de l'air, voilà une des applications que pourrait permettre Mobil'Air. « *Au départ il s'agissait, dans le contexte post-covid, de créer un module pour mesurer le taux de CO_2 dans les salles de classe* », explique Maxime Bigot, animateur d'atelier sur la plateforme OB.i.Lab de l'IUT Montpellier-Sète. Le projet est proposé à Nathan Grau, étudiant en mesures physiques, dans le cadre d'un stage réalisé entre avril et juin 2021. « *Il est finalement revenu avec ce concept de capteur mobile modulable et adaptable aux besoins.*»

Au capteur de $C0_2$ initial, Maxime Bigot et son collègue François Fabre couplent un capteur capable de mesurer le diamètre de particules comprises entre 1 et 10 microns. « *Cela va du pollen, à des poussières ou du ciment jusqu'à des particules plus importantes dégagées principalement par des chantiers* » précise l'animateur. S'ajoutent ensuite des capteurs relatifs aux conditions climatiques : température, humidité, pression atmosphérique et même luminosité. « *L'idée est de travailler sur une offre sur mesure permettant à l'utilisateur de choisir les capteurs qu'il souhaite intégrer dans son boitier.* »

Mobil maire

Une fois mis en route, chaque capteur peut prendre une mesure toutes les cinq minutes et l'associer avec la position GPS de l'utilisateur. Les données sont ensuite stockées sur une carte SD et téléchargées sur ordinateur pour générer une cartographie de la qualité de l'air dans les zones traversées. « *L'intérêt de ce capteur mobile est d'être installé sur un vélo ou sur un véhicule, mais le suivi des déplacements soulève encore quelques questions de sécurité sur lesquelles nous devons travailler*, souligne Maxime Bigot. *Le défi un peu fou que nous nous sommes lancé avec les étudiants est de faire en sorte que le maire, Michaël Delafosse, en installe un sur son vélo.* »

En attendant d'en installer sur leur vélo, les politiques s'intéressent déjà à cette innovation *made in* IUT puisque que le prototype est actuellement à l'essai sur la commune de Saint Georges d'Orques. Un déploiement sur le territoire montpelliérain est également envisagé. « *Ils ne seront pas utilisés dans leur version mobile mais pour un usage fixe, explique Maxime Bigot. Grâce à ces capteurs les collectivités auront la possibilité de vérifier l'impact des mesures écologiques qu'elles prennent à un endroit précis et à un instant T.* » Et ce n'est pas des paroles en l'air.

Réveiller l'innovation avec OB.i.Lab

Ouvert en 2016 sur le modèle des *Fab Lab* anglo-saxons, la halle OB.i.Lab propose aux étudiants et enseignants de l'IUT Montpellier-Sète de laisser libre cours à leur créativité grâce à l' accompagnement de deux animateurs spécialisés - Maxime Bigot et François Fabre - et à la mise à disposition en libre-service de différentes machines : imprimantes 3D, graveuse laser. Des prestations de service sont également possibles pour les entreprises. « *Le nom a été choisi par Philippe Combette, initiateur de ce projet. On y trouve OB- pour objet, -i- pour intelligent. Enfin, -Obi- désigne en japonais une ceinture qui représente à l'IUT le lien très étroit entre les mondes universitaires et professionnels,* explique Maxime Bigot. *Cela résume très bien ce que nous faisons !* »

INNOVER POUR LA BIODIVERSITÉ AVEC QUALINOA

« Faire rimer biodiversité et santé pour notre alimentation », c'est la devise de Didier Bazile qui a développé une recette de pain à base de mélange de farines de différentes variétés de quinoa. Une innovation qui fait coup double : préserver la biodiversité du quinoa et proposer aux consommateurs un aliment santé.

Un pain d'une qualité nutritionnelle exceptionnelle, contenant 3 fois plus de protéines qu'un pain blanc à la farine de blé, tous les acides aminés essentiels, et sans gluten. Vous en rêviez ? Didier Bazile l'a fait. Un projet aujourd'hui bien mûr dont les graines ont été semées il y a plus de 20 ans. *« Je travaillais alors dans des programmes de sélection participative sur les mils et les sorghos en Afrique de l'Ouest, où j'ai accompagné la mise en place de banques de semences communautaires avec les agriculteurs,* se souvient le spécialiste de la conservation de la biodiversité agricole des plantes alimentaires. *C'est alors qu'on m'a sollicité pour apporter mon expertise sur les systèmes semenciers paysans à base de quinoa dans les Andes, dont la biodiversité encore méconnue s'effondrait.* »

Patrimoine agricole

Le quinoa, c'est en effet plus de 6 000 variétés paysannes sélectionnées par des générations d'agriculteurs. *« Malgré cette grande diversité biologique et culturelle, on ne retrouve dans les rayons de nos supermarchés qu'une infime partie de ce patrimoine agricole, réduit à du quinoa en gros grains blancs, au mieux élargi à 3 couleurs »*, déplore le spécialiste.

Pour renverser cette perte de biodiversité et valoriser la richesse nutritionnelle du quinoa, Didier Bazile a donc développé son concept en créant un mix de farines destiné à faire du pain, issu du mélange de centaines de variétés de quinoa. Problème : c'est le gluten qui confère au blé sa capacité de panification, et justement le quinoa ne contient pas de gluten. Certains procédés existent déjà pour faire du pain avec cette céréale mais ils font appel à de nombreux additifs alimentaires : *« c'est là tout l'intérêt de la recette que j'ai développée car elle n'utilise aucun additif de l'agroalimentaire, pas non plus d'œufs, pas d'huile de palme, pas de lactose, et pas de fruits à coque très allergènes »*. Une formulation secrète dont le chercheur confie toutefois qu'une partie du procédé de technologie alimentaire repose sur une transformation particulière du manioc.

Coup de cœur

« À l'arrivée on obtient un vrai pain sans gluten avec 70 % de quinoa là où les produits déjà existants ne dépassent pas 10 % », se félicite Didier Bazile. Une innovation élue projet coup de cœur du jury 2020 du Booster Innovation de Montpellier. Pour aider à faire pousser son projet, le chercheur est accompagné depuis le mois de mars 2021 par Alter'Incub spécialisé dans les projets d'économie sociale et solidaire. Le spécialiste de la biodiversité des plantes alimentaires s'est ainsi formé à la création d'entreprise : « *business plan, études de marchés, positionnement marketing, droit du travail… Un accompagnement indispensable pour monter l'entreprise Qualinoa dont les statuts sont à deux doigts d'être déposés*, confie le chercheur - entrepreneur. *L'appui de la région Occitanie m'a permis de conduire les études de marché nécessaires pour le bon positionnement mais surtout de bien définir les collaborations nécessaires au lancement »*, précise Didier Bazile.

Et les débouchés sont déjà là avec une arrivée du « Mix-Quinoa panification » prévue dans les magasins Bio à l'automne 2022. *« Toute une gamme va suivre, avec notamment d'autres mix destinés à faire des brioches, des pâtisseries, des purées et même un couscous 100 % quinoa ».* De quoi faire une belle récolte sur le marché mondial du quinoa toujours en pleine croissance.

Photo : Quinoa © Didier Bazile

L'innovation au service de l'environnement, ça se joue aussi à domicile. Côté jardin avec FlorAtlas, une appli qui facilite le jardinage, ou en intérieur avec Transfarmers qui propose de réduire les déchets grâce au pot de fleur-composteur.

Innovation verte

Jardiner, facile ? *« Pas tant que ça,* répond Emmanuel-Jean Servier. *Dépasser les problèmes liés à la nomenclature des plantes, connaître les caractéristiques des sols, du climat, les plantes qui y sont les mieux adaptées, c'est d'une grande complexité »*. Pour « démystifier » tout ça, l'ancien étudiant en bio-informatique de l'UM mise sur le numérique. Son idée ? FlorAtlas, une entreprise créée en 2020 incubée à AgroValo Méditerranée, mais surtout une application destinée à accompagner le grand public pour simplifier le jardinage en apportant des informations scientifiques pré-traitées.

Jardinage 2.0

« L'appli utilise la géolocalisation pour déterminer le climat, le type de sol et la qualité d'eau d'arrosage, auxquels est soumis l'utilisateur, pour lui proposer des plantes adaptées », détaille l'entrepreneur. Un choix qui peut être affiné grâce aux nombreux filtres proposés. Un exemple ? Vous souhaitez un arbre, dont les fruits sont comestibles, à fleurs rouges, et qui soit compatible avec la présence d'enfants en bas âge ? FlorAtlas vous distille une liste de toutes les plantes qui remplissent ces critères. *« Puis l'application vous oriente vers les producteurs de votre zone géographique qui la commercialisent »*, complète Manu le jardinier.

Un facilitateur de jardinage qui anticipe aussi les changements à venir : *« nous tenons compte des données météo, ce qui permettra d'utiliser moins d'intrants et moins d'eau en proposant des plantes mieux adaptées au climat futur »*, précise le jardinier numérique et responsable : *« FlorAtlas souhaite s'engager dans une démarche limitant l'impact du numérique »*. Une appli pas encore téléchargeable car le Covid a là aussi bousculé les délais, mais le jardinage 2.0, c'est pour bientôt.

Pot de fleur - composteur

Et à défaut de jardin, l'innovation verte trouve sa place en intérieur avec Transfarmers. Un pot de fleur en céramique qui se révèle aussi… un composteur. *« Un lombricomposteur plus exactement. Il permet de transformer des épluchures en compost grâce à l'action de vers de compost »*, précise Louis Jamin.

Avec ses 4 associés, dont 3 anciens d'AgroParis Tech, il cherchait *« un geste écolo à faire chez soi pour réduire ses déchets. Mais nous n'avons pas trouvé d'outil adapté pour le public urbain en appartement »*. Alors ils l'ont créé. Créant par la même occasion en 2019 l'entreprise Transfarmers, elle aussi incubée à l'Institut Agro, qui commercialise le fameux pot de fleur – composteur, *« qui a un réel impact sur l'environnement »*, précise Louis Jamin.

Et l'objet, produit en France par des artisans céramistes, semble avoir trouvé son public. *« Il s'est déjà vendu à 2200 exemplaires et la demande dépasse nos capacités de production actuelles »*, précise son fondateur. Prochaine ambition pour les Transfarmers : développer de nouveaux produits pour élargir la gamme et viser un développement à l'international. *« Nous n'avons pas trouvé d'équivalent à notre produit sur le marché, il y a vraiment une place à prendre. »* AD

16
Eurobiomed :
« Collaborer pour l'innovation »

18
Innover de la tête aux pieds

20
Thérapies high-tech : des traitements et du divertissement

22
Des biotechnologies made in *Montpellier*

EUROBIOMED

« Collaborer pour l'innovation »

Les pôles de compétitivité jouent-ils leur rôle de déclencheur de l'innovation collaborative ? Pour répondre à cette question, Anne-Sophie Fernandez et Frédéric Le Roy, enseignants-chercheurs à l'UM* et fondateurs de la chaire Coo-innov (coopétition et écosystèmes d'innovation), se sont penchés sur le cas du pôle régional Eurobiomed spécialisé en santé. Ils restituent leur analyse dans le second rapport de la chaire.

Pour commencer qu'est-ce qu'un pôle de compétitivité ?

A-S.F : C'est une initiative des pouvoirs publics lancée en 2004 pour encourager les acteurs privés et publics, présents sur un même marché et sur un même territoire, à collaborer pour l'innovation en formant des « clusters » à la française. Le but étant de rayonner à l'international avec des innovations de grande envergure. Il existe 71 pôles labellisés en France.

F.LR : C'est Mickael Porter, un professeur en stratégie de l'Université d'Harvard, qui a montré dans les années 1990 que la compétitivité d'un pays est liée à la constitution de « clusters » sur un territoire.

Comment l'Etat encourage-t-il des entreprises concurrentes à collaborer ?

F.LR : En mettant en contact les entreprises et en facilitant l'accès à des financements. Au travers de ces pôles, l'Etat met les entreprises en relation, labellise les projets d'innovation, les finance et les accompagne. L'objectif est de favoriser la levée de fonds privés, de mutualiser des ressources et de créer des effets d'échelles que les entreprises n'auraient pas seules. La labellisation leur offre également une visibilité et une crédibilité en garantissant en quelque sorte le potentiel d'innovation du projet.

Quelles sont les caractéristiques du pôle Eurobiomed ?

A-S.F : Eurobiomed est un des six « pôles santé » français. C'est un thème cohérent avec l'histoire de la ville, sa faculté de médecine, sa recherche… Ses grands axes de travail sont l'outil de diagnostic et le développement d'innovation digitale pour la e-santé. Le pôle rassemble plus de 400 membres dont 330 entreprises. Parmi elles, 78 % sont de très petites, petites ou moyennes entreprises et 4 % sont des entreprises de tailles intermédiaires et des grands groupes, ce qui est assez représentatif de l'écosystème montpelliérain.

Pour analyser les résultats d'Eurobiomed sur l'année 2019, vous avez repris les 5 missions des pôles de compétitivité ? Quels sont les points forts ?

A-S.F : L'objectif « favoriser la collaboration public-privé » est atteint puisque que 80 % des projets labellisés sont des projets mixtes. Eurobiomed ne joue, par contre, pas son rôle dans l'innovation collaborative inter-entreprises, puisqu'il n'y a pas de projet 100 % privé. Cela correspond aussi à l'écosystème montpelliérain composé de start-up ou de PME en croissance sans grosse firme pivot.

Les pôles de compétitivité doivent favoriser les relations entre entreprises d'un même territoire. C'est le cas avec Eurobiomed ?

F.LR : 94 % des membres d'Eurobiomed ont leur siège social implanté dans un département du sud, l'ancrage territoriale est donc fort. Si on regarde maintenant l'ensemble des partenaires impliqués dans les 56 projets labellisés en 2019, seuls 59 % sont basés dans le Sud ce qui relativise un peu l'indépendance de notre écosystème d'innovation.

Est-ce qu'Eurobiomed remplit ses promesses en termes de financements ?

F.LR : Les financements publics représentent 41 % du budget global, ce qui signifie que pour 1 euro d'investissement public nous avons 2,5 euros d'investissement privé. Il y a donc un vrai effet levier pour les entreprises.

Une chaire innovante

Créée en février 2020 par Frédéric Le Roy et Anne-Sophie Fernandez, la chaire Coo-innov est la première en France à travailler sur la collaboration et la compétition dans les écosystèmes d'innovation. C'est une chaire de la fondation de l'UM développée en partenariat avec le Labex Entreprendre (Programme Coopetition Lab), MOMA et MBS. « *Elle a pour vocation de développer des synergies autour de l'innovation coopétitive entre les chercheurs, les étudiants et les entreprises de l'écosystème montpelliérain mais aussi avec les politiques* » déclare la co-fondatrice de la chaire. L'analyse des stratégies de coopétition entre entreprises est au cœur de la réflexion menée et restituée par la chaire sous forme de rapport. « *Notre but c'est d'introduire ce concept dans le débat public pour que les acteurs s'en saisissent et voient cette double dimension à la fois collaborative et compétitive de l'innovation. Après 15 ans de travail académique sur ce thème, nous avons des choses à dire* » conclut Frédéric Le Roy.

Et concernant l'impact économique ?

A-S.F : Les 56 projets ont permis la création ou le maintien de 478 emplois et le dépôt de 158 brevets. En moyenne un projet d'innovation collaborative aboutit à 9 emplois créés ou maintenus et à 3 brevets, ce qui est très satisfaisant.

Un des points négatifs soulevé par votre rapport est le faible rayonnement aux niveaux européen et international ? Comment l'expliquez-vous ?

A-S.F : Seulement 13 % des projets impliquent un partenaire étranger et 4 % des financements obtenus en 2019 sont des financements européens. Il y a un problème de visibilité et d'identification des partenaires clés. Le dispositif « pôle de compétitivité » n'est pas le même partout, mais on retrouve des clusters avec lesquels il serait intéressant de se connecter, sachant aussi qu'il y a là des financements à aller chercher.

F.LR : Il y a aussi un effort de structuration à faire autour de la co-labellisation avec les autres pôles français, en particulier Lyon-biopôle et Medicen Paris, car là aussi la mission n'est que partiellement remplie. Seuls 30 % des projets ont été labellisés par au moins un autre pôle. Il faut progresser sur ces missions pour bénéficier d'une visibilité plus importante et pour lever plus de financements.

Globalement peut-on dire que Eurobiomed remplit son rôle de soutien à l'innovation collaborative ?

F.LR : Le fait d'être sur un même territoire est à la fois une incitation à collaborer et un frein, car il faut gérer cette tension entre la collaboration et la compétition, ce que nous nous appelons la coopétition. Il ne faut plus nier ces tensions qui structurent le milieu de l'innovation collaborative. Notre rapport permet néanmoins d'affirmer que, malgré quelques limites, oui les pôles de compétitivité favorisent la collaboration entre acteurs d'un même écosystème d'innovation.

Réecouter le podcast de A LUM la science l'émission scientifique co-produite par l'Université de Montpellier et Divergence FM. Le 25 février 2021, Anne-Sophie Fernandez et Frédéric Le Roy venaient y présenter le premier rapport de la chaire Coo-Innov sur l'innovation collaborative à Montpellier.

*Montpellier Research in Management (UM - Université de Perpignan Via Domitia, Montpellier Business School)

© Lirmm

Innover de la tête aux pieds

Sur le campus Saint-Priest des roboticiens, informaticiens et électroniciens mettent leurs savoir-faire au service de la chirurgie. Qu'ils travaillent sur des prothèses intelligentes comme l'équipe RFEF à l'Institut d'électronique et des systèmes (IES)* ou sur des robots chirurgiens comme l'équipe Dexter au Laboratoire d'informatique, de robotique et de microélectronique de Montpellier (Lirmm), leur motivation est la même : donner à l'innovation un impact social fort.**

*IES (CNRS, UM)
**Lirmm (UM, CNRS, INRIA, UPVD, UPVM)

En France chaque année, 100 000 personnes se font poser une prothèse de genou. Pour améliorer le suivi des patients, le chirurgien orthopédique Stéphane Naudi, fondateur de la start-up Bonetag, a imaginé une prothèse intelligente munie d'un capteur d'adhérence pour anticiper un descellement de l'os et traçable pour assurer une bonne continuité des soins.

Techno jusqu'à l'os

« *Stéphane Naudi est venu nous voir dès 2013 parce qu'il avait entendu parler de nos compétences en capteurs et en tag RFID* » se souviennent Brice Sorli et Arnaud Vena, chercheurs à l'IES et collaborateurs scientifiques de Bonetag. Le tag RFID est une technologie de radio identification utilisée pour la traçabilité des vêtements, des emballages, et mêmes de nos chiens et chats. « *C'est un dispositif qui contient un microprocesseur, une mémoire et une antenne mais qui ne requiert pas de batterie,* explique Arnaud Vena*. Pour Bonetag il fallait une technologie qui fonctionne pendant toute la durée de vie de la prothèse sans avoir à réopérer le patient pour changer une pile*. » Le tag inactif dans le genou émet un signal radio-fréquence lorsqu'il est activé grâce à un lecteur au cours de la consultation.

Le challenge de cette innovation a résidé dans la miniaturisation de l'implant. « *Les projets de prothèses électroniques qui existent n'ont pas percé en raison de leur complexité,* explique Brice Sorli, *alors que l'implant de Bonetag est facile à intégrer dans n'importe quelle prothèse grâce à un système d'encoche pour lequel la société a d'ailleurs déposé un brevet.* » Les électroniciens sont parvenus à développer un micro dispositif contenant le tag RFID, muni d'une antenne miniature, elle aussi brevetée, et d'un capteur mesurant l'adhérence entre l'os et la prothèse. Ils se sont même offert le luxe d'ajouter un capteur de température « *pour détecter une éventuelle infection des tissus* » précise Arnaud Vena. Avec déjà 4 brevets à son actif, le micro implant Bonetag c'est petit… mais costaud !

Compas dans l'œil

Costauds aussi, les robots chirurgiens. Entrés pour la première fois au bloc en 1985 en Californie, leur précision n'a cessé depuis de s'affiner comme le confirme Philippe Poignet, directeur du Lirmm : « *Nous réalisons des opérations à moins de 10 microns. C'est une précision multipliée par dix par rapport à la main du chirurgien* ». En 2020, ce roboticien fonde avec son confrère Yassine Haddab et l'ingénieur zurichois Christophe Spuhler la start-up AcuSurgical. Leur crédo ? La robotique appliquée à la chirurgie rétinienne, « *une microchirurgie tellement précise qu'elle reste réservée à une élite de chirurgiens* ». Associés à deux chirurgiens de Saint Etienne, ils lancent le projet Retinoct combinant imagerie et robotique. Dans la main du chirurgien pas de scalpel mais un joystock intégré dans une console et relié à un bras robotique reproduisant instantanément ses gestes sur le patient. Premiers essais sur l'homme prévus en 2023…

Dans la peau

Autre exemple : le projet Astrid Blockprint qui redonne vie au robot Dermarob, développé dans les années 2000 par le Lirmm, pour réaliser des prélèvements de peau lors des chirurgies reconstructrices destinées aux brûlés. Sa version actualisée reprend du service dans le cadre d'un projet avec la start-up lyonnaise LabSkinCreations fabricante de derme artificiel sous forme liquide. « *Sa mission,* explique Philippe Poignet*, sera d'effectuer une bio-impression robotisée in situ de peau en contrôlant précisément la géométrie et l'épaisseur de l'impression.* »

Les reins solides

L'ergonomie est aussi un enjeu d'amélioration central dans la pratique chirurgicale. Depuis 2015 Philippe Poignet, Nabil Zemiti (Lirmm) et Stéphane Droupy du CHU de Nîmes collaborent avec la société STERLAB pour mettre au point un robot d'assistance pour le traitement des calculs rénaux par laser. Une intervention longue et délicate consistant à insérer dans l'uretre du patient une caméra flexible munie d'un laser pour la faire pénétrer jusqu'au rein.

« *Pour traiter un calcul de 1 cm, il faut environ 1 heure pendant laquelle le chirurgien reste dans une position inconfortable, debout entre les jambes du patient* » décrit Philippe Poignet. Avec le robot ILY qui reproduira tous ses gestes à distance, il pourra désormais être assis devant une console et profiter d'un système d'imagerie et d'un environnement augmenté. Grâce à des algorithmes extrêmement sophistiqués, ILY pourra compenser les mouvements physiologiques naturels du patient et du chirurgien et apporter là aussi une précision supplémentaire. Actuellement 80 opérations ont déjà eu lieu et deux ventes sont prévues cette année.

Restaurer la sensation chez les personnes amputées ou le contrôle de la préhension chez les patients souffrants de déficiences fonctionnelles sévères, voici le genre de miracle que la start-up Neurinnov réalise depuis 2018. « C'est un marché de niche qui intéresse peu les grands industriels, nous avons donc créer notre propre société pour apporter cette solution jusqu'au patient », déclare son co-fondateur David Andreu. Découvrez son parcours dans la série vidéo Décollage produite par la direction de l'innovation et des partenariats.

THÉRAPIES HIGH-TECH

des traitements et du divertissement

L'innovation en santé prend des détours inattendus quand elle s'affranchit des médicaments. Grâce à la musique ou au jeu, l'unité de recherche EuroMov Digital Health in Motion* développe des traitements thérapeutiques pointus pour la rééducation du mouvement.

« *Un roi sans divertissement est un homme plein de misères* ». La pensée de Pascal a pu inspirer les chercheurs en sciences du mouvement d'EuroMov DHM alors que plusieurs de leurs innovations associent traitement et distraction. Par la musique d'abord dont les vertus sur la marche et l'équilibre ont inspiré l'application smartphone BeatMove. « *En imposant un rythme extérieur, la musique améliore la marche des personnes souffrant de la maladie de Parkinson* », précise Benoît Bardy, professeur en sciences du mouvement et de la santé. Avec son équipe, il développe un logiciel capable de synchroniser de manière adaptative la musique avec la cadence du pas.

Concrètement, le patient doit s'équiper de son smartphone et de ses écouteurs, ainsi que des semelles équipées de capteurs de mouvements. « *Pendant la première minute de marche, l'algorithme détecte les caractéristiques du pas pour paramétrer l'application et choisir le morceau qui correspond* », explique Benoît Bardy. Le logiciel BeatMove puise dans une base de données de près de 600 morceaux pour trouver celui qui correspond à la bonne cadence. Comme il n'est pas question de contrarier le marcheur, il peut choisir entre cinq genres musicaux : pop, rock, classique, variété, jazz.

Division par deux des chutes

« *La grande innovation de cet algorithme est qu'il adapte en temps réel le rythme de la musique à celui de la marche. L'appli gère une variation de 10 à 20 % de la cadence pour compresser ou dilater la musique, sans que cela soit sensible à l'oreille. Puis si le rythme du marcheur change de manière trop importante, l'appli change automatiquement de morceau* », souligne Benoît Bardy. Le choix des musiques a été fait avec l'Université de Gand en Belgique pour couvrir une gamme très large. « *L'intelligence artificielle utilisée permet aussi à l'algorithme d'anticiper le mouvement, de gérer les évènements parasites comme la montée sur un trottoir, de gérer les changements de rythme comme pour gravir un escalier…* », précise le chercheur. BeatMove augmente aussi progressivement la cadence de manière subliminale pour atteindre une vitesse optimale, calculée pour chaque patient. Une accélération qui contrebalance la tendance des personnes atteintes de Parkinson à ralentir leur marche, souvent par prudence ou peur de la chute.

Les premiers résultats sont spectaculaires. En 2021, une étude sur 40 patients montre une division par deux des chutes, une stabilisation de la marche et augmentation de la vitesse de 20 %. Une large étude clinique est en cours sur le territoire national auprès de 400 patients, réalisée sous la responsabilité de la Clinique Beau Soleil avec le docteur Valérie Cochen de Cock pour bien s'assurer que les effets bénéfiques sont liés à l'application et pas seulement à la reprise régulière d'une activité physique.

La distraction de l'effort

Une vingtaine de publications et un brevet plus tard, la start-up BeatHealth doit maintenant assurer la phase de commercialisation de l'application BeatMove. Plusieurs améliorations sont déjà prévues, en particulier la suppression des capteurs pour n'utiliser que ceux présents dans les smartphones. Autre perspective, avec le programme Companies on campus de l'I-Site et le CHU de Montpellier, proposer cette solution non médicamenteuse à des personnes obèses pour les inciter à pratiquer une activité physique, en profitant de l'effet motivant de la musique. La distraction de l'effort est d'ailleurs l'argument d'un autre projet initié au sein d'EuroMov : la plateforme de jeux thérapeutiques pour la rééducation des mouvements Medimoov.

« *Le point de départ du projet, ce sont des doctorants du Laboratoire d'informatique, de robotique et de microélectronique de Montpellier bien décidés à montrer les effets positifs des jeux vidéo* », se rappelle Antoine Seilles, alors doctorant dans ce laboratoire et aujourd'hui PDG de Naturalpad, l'entreprise créée pour développer Medimoov. Le groupe de jeunes chercheurs s'intéresse alors à l'intérêt de jeux vidéo dynamiques sur l'exercice physique, en particulier sur la prévention des chutes et la rééducation dans les Ephad. Leur projet trouve un écho auprès des médecins spécialisés, qui constatent que les trois quarts de leurs patients âgés interrompent leur rééducation, lassés par une pratique répétitive ou par la peur de se faire mal.

De la piraterie et de la conquête spatiale

Reste à concevoir des jeux à la fois efficaces et ludiques. « *Naturalpad développe une mécanique itérative de conception des jeux, en collaboration avec les soignants et les patients, pour bien comprendre les besoins thérapeutiques et les envies de jeu* », explique Antoine Seilles. Ainsi, des entretiens avec les soignants permettent de choisir les mouvements les plus efficaces pour la rééducation. « *Les ergothérapeutes veulent que le joueur utilise des gestes amples, qui mobilisent les deux mains. Les kinésithérapeutes ciblent au contraire des gestes précis pour une rééducation plus ciblée. Nous échangeons aussi avec les joueurs pour bien comprendre leurs envies* », raconte le développeur. Car si les soignants tablent sur des univers de jeu familiers, comme par exemple un simulateur de conduite, les patients – eux – demandent de la piraterie, de la conquête spatiale ou encore de la course automobile sans limitation de vitesse ! « *Des patients voulaient un jeu sur la chasse, une envie pas facile à concilier avec des soignants critiques sur la présence d'armes et les propres réticences des développeurs, globalement plutôt anti-chasses. Finalement, notre jeu met en scène des lapins et des sangliers qui tirent sur des ballons auxquels sont suspendus des chasseurs… une solution qui satisfait tout le monde !* », s'amuse Antoine Seilles.

Forte de quinze salariés, l'équipe de Naturalpad développe aujourd'hui des jeux pour des personnes ayant différentes pathologies, en particuliers des handicaps parfois lourds. Depuis le premier jeu développé en 2011, la société propose aujourd'hui ses jeux à 150 établissements médicaux dont la moitié sont des Ehpad.

* EuroMov DHM (UM, IMT Mines Ales)

Prévenir, diagnostiquer, soigner. Trois actions incontournables au service de la santé pour améliorer la prise en charge des patients. Un secteur en perpétuelle évolution où l'innovation prend toute sa place. Quelle est celle de la recherche académique dans un univers où règnent en maîtres les géants des biotechnologies et les Big Pharmas ? Une place incontournable comme en témoignent les entreprises présentées ici, qui relèvent notamment le défi de la création de nouveaux médicaments. Un challenge sur un marché où pour 10 000 molécules criblées, une seule réussira à passer toutes les étapes de tests et d'essais cliniques pour parvenir jusqu'aux patients.

Des biotechnologies *made in* **Montpellier**

Sys2Diag : une révolution dans le diagnostic

Des tests diagnostic performants, pas chers et simples à utiliser, c'est le credo du laboratoire Sys2diag. *« Un laboratoire historique d'innovation en diagnostic médical en France et en Europe »*, souligne son directeur, Franck Molina. Pionnier en innovation, mais également pionnier en pratique du partenariat public – privé, le laboratoire Modélisation et ingénierie des systèmes complexes biologiques pour le diagnostic est le fruit d'une alliance entre le CNRS et le groupe Alcen.

« Cette configuration nous permet d'accélérer l'innovation en mettant en parallèle de la recherche fondamentale des applications médicales », souligne le lauréat de la médaille de l'innovation 2020 du CNRS. Et les applications foisonnent à Sys2Diag. En témoigne la rapidité avec laquelle l'entreprise a conçu le test salivaire rapide de dépistage du Covid-19 EasyCov, qui n'est que la partie émergée de l'iceberg. Car des tests diagnostic, Franck Molina en a plein sa besace, tous plus révolutionnaires les uns que les autres. À commencer par le premier test psychiatrique sanguin développé par Alcediag de bipolarité et de dépression qui peut même aider à évaluer et anticiper le risque de tentative de suicide chez les patients.

Si celui-là nécessite une prise de sang, d'autres sont non invasifs. Leur secret de fabrication ? La biologie synthétique, qui permet de concevoir et programmer des cellules artificielles comme des biomachines dans le but de leur confier des tâches non naturelles. Résultat : des autotests que l'on peut réaliser n'importe où sans passer par la case laboratoire d'analyse. Sys2Diag a ainsi conçu avec la société Skillcell le premier test urinaire d'insulino-résistance au monde, baptisé IDIR. *« C'est le premier test de pré-diabète, ça signifie que vous pouvez identifier un risque de diabète avant même sa survenue. »*

Des tests que l'on retrouvera aussi… au bord des stades, grâce à un test salivaire de commotion cérébrale que l'on peut utiliser en temps réel pendant un match. *« Il permet d'objectiver la sévérité de la commotion pour décider du suivi à mettre en place, aussi bien pour les joueurs professionnels que pour les amateurs ou même les enfants »*, explique Franck Molina qui a su transformer l'essai. Le chercheur planche désormais sur un test inédit visant à objectiver… le bien-être. *« Nous avons identifié les marqueurs impliqués, mais pour l'instant on ne peut pas en parler. »* Pour vivre heureux vivons cachés.

Ciloa : des colis pleins de promesses thérapeutiques

Ces minuscules vésicules naturelles pourraient bien révolutionner la médecine, et pourtant il y a encore quelques années personne n'aurait misé sur elles. *« Pendant longtemps on a considéré que les exosomes étaient les poubelles des cellules »*, se rappelle Robert Mamoun. Lui les voit bien autrement. *« En fait un exosome ce serait plutôt un colis postal. »* Pourquoi une telle analogie ? *« On peut modifier à la fois les protéines qui sont à sa surface et celles qui sont à l'intérieur, ce qui en fait un colis dont on pourrait changer à la fois l'adresse de destination et le contenu. »* Des propriétés dont le virologiste de l'Inserm entrevoit dès 2008 tout le potentiel thérapeutique. *« Grâce aux exosomes, on peut par exemple mimer un virus qui n'aurait pas de pouvoir pathogène, c'est la base d'un vaccin idéal complètement naturel. »*

Pour explorer ce potentiel, Robert Mamoun fonde en 2011 avec la virologiste Bernadette Trentin l'entreprise Ciloa, qui sera incubée à l'Université de Montpellier pendant 8 ans. Et si les Big Pharmas se sont aujourd'hui rendues compte de l'intérêt des exosomes, l'entreprise montpelliéraine reste *« la plus ancienne et la plus expérimentée au monde sur ces recherches »*.

Des recherches qui ne se limitent pas aux vaccins, mais permettent également de développer des anticorps thérapeutiques ou des nouveaux médicaments, notamment en cancérologie. *« On peut mettre une tête chercheuse sur l'exosome qui sert ainsi à délivrer un médicament anti-cancer jusque dans la tumeur, ce qui permet d'avoir un traitement mieux ciblé donc plus efficace et en limitant les effets secondaires »*, détaille Robert Mamoun. Autre cible des exosomes : le diabète. *« Notre technologie permet de délivrer une protéine qui agit à la source du diabète en empêchant la résistance à l'insuline, c'est très efficace »*. Avec un brevet déposé en 2021, Ciloa est à la pointe de ces recherches et espère bien démarrer les essais cliniques chez l'homme fin 2023.

« Un traitement mieux ciblé donc plus efficace et en limitant les effets secondaires »

Biodol : soulager les douleurs chroniques

C'est un espoir de soulagement pour les 7 à 9% de la population qui souffrent de douleurs chroniques neuropathiques à savoir *« une douleur par atteinte des nerfs qui dure depuis plus de trois mois et persiste même lorsque la cause déclenchante est soignée »*, précise Jean Valmier. Cette « *douleur-maladie* » contre laquelle aucun médicament n'est réellement efficace… pour l'instant. Car le chercheur de l'Institut des Neurosciences de Montpellier (INM) a franchi un cap majeur dans la compréhension du mécanisme responsable de ces douleurs persistantes. Une des clés de cette avancée s'appelle FLT3, un récepteur situé sur le neurone qui est activé par une molécule appelée FL. *« C'est leur rencontre qui déclenche dans le système sensitif une réaction en chaîne à l'origine de la douleur chronique. Si on inhibe ce récepteur la douleur disparaît. »*

Ne restait plus qu'à trouver ce fameux inhibiteur pour faire taire la douleur… Pour y parvenir, Jean Valmier a fondé avec Fabien Granier et Didier Rognan, la société Biodol Therapeutics née en 2015. Des milliers de molécules testées et 4 brevets plus tard, la société, qui compte désormais 6 employés, est la seule au monde à travailler sur ces candidats médicaments. *« Nous sommes assez confiants car nous avons deux séries chimiques qui donnent des résultats très satisfaisants et au moins une molécule qui devrait avant fin 2022 être retenue comme candidat pré-clinique, ce qui signifie que des études chez l'homme pourraient commencer en 2024. »*

Un horizon qui se rapproche pour les près de 4 millions de patients en France accompagnés chaque jour par la douleur. *« C'est un énorme enjeu de santé publique,* souligne Jean Valmier. *Pour les patients bien sûr, mais aussi le médecin qui est désespéré parce qu'il ne peut pas faire grand-chose et enfin pour l'industrie pharmaceutique parce qu'un tel médicament, ce serait un blockbuster comme on dit. »* Une super-production montpelliéraine, bientôt dans les salles.

SeqOne Genomics : des traitements mieux ciblés grâce à la médecine personnalisée

Comprendre les spécificités de la maladie pour mieux soigner les patients, c'est l'objectif de la médecine personnalisée. Une médecine qui nécessite d'accéder à ce « plan de construction personnalisé » qu'est le génome de chacun et de décrypter et faire parler les milliers de mutations qui parsèment nos séquences ADN. C'est là qu'intervient la start-up SeqOne Genomics, qui propose des solutions d'analyse de données génomiques ultraperformantes pour la médecine personnalisée. Avec comme objectif une meilleure prise en charge clinique des patients atteints de cancer et de maladies rares et héréditaires.

La société créée en 2017 avec le soutien de la SATT AxLR, de l'Université de Montpellier et de l'Inserm a déjà raflé de nombreuses récompenses comme le prix iLab et le prix Hélène Starck – qui récompense de jeunes chercheurs soutenus par la Fondation ARC – et peut se prévaloir d'une position forte sur le marché français. Un modèle gagnant pour SeqOne Genomics qui vient de franchir une nouvelle étape début 2022 en levant 20 millions d'euros pour accélérer le déploiement de la médecine génomique.

Un succès que l'entreprise souhaite transformer en investissant un nouvel axe de développement : *« le marché des sociétés biopharmaceutiques qui développent de nouvelles thérapies »*, confie Jean-Marc Holder, responsable de la stratégie et de l'innovation de SeqOne Genomics. La promesse de traitements mieux ciblés grâce à une meilleure compréhension des mécanismes de la maladie, c'est ça aussi, la médecine personnalisée. AP

***Écouter le podcast de* A LUM la science,**
l'émission scientifique co-produite par l'Université de Montpellier et Divergence FM.
Le 13 octobre 2021 Rémy Sounier de l'Institut de génomique fonctionnelle* de Montpellier venait y présenter ses travaux sur des analgésiques opioïdes dépourvus d'effets secondaires addictifs.

** IGF (CNRS, UM, Inserm)*

26
Un pont sécurisé vers vos appareils connectés

27
La révolution des ondes TéraHertz

28
NinjaLab, la cryptanalyse étoilée

29
Profession jurigeek

30
Sky is the limit

UN PONT SÉCURISÉ *vers vos appareils connectés*

Votre téléphone, votre ordinateur, votre tablette, tous ces objets connectés ont un point commun enfoui dans leurs entrailles : une puce. Cet indispensable circuit intégré a longtemps représenté une faille de sécurité que l'on peut aujourd'hui colmater grâce à la technologie créée par la société Algodone.

7 mai 2021, Etats-Unis. Une cyberattaque hors du commun vise la Colonial Pipeline, le plus important pipeline de produits pétroliers raffinés aux États-Unis, menaçant l'approvisionnement en hydrocarbures de toute une partie du pays. Juin 2017, Ukraine. Un cinquième de la ville de Kiev se retrouve privée d'électricité, des hackers s'étant infiltrés dans les ordinateurs d'Ukrenergo, la compagnie ukrainienne d'électricité.

Le point commun entre ces deux évènements ? « *L'introduction d'un virus logiciel qui a contaminé les réseaux internes de ces sociétés, avec un impact nouveau et inattendu, l'activation malveillante directement sur les infrastructures physiques. Cette attaque était programmée pour inclure la capacité de "parler" directement aux équipements du réseau, en envoyant des commandes dans les systèmes de contrôle, donc au cœur même du matériel* », répond Lionel Torres, chercheur au Laboratoire d'informatique, de robotique et de microélectronique de Montpellier (Lirmm)*.

Nos milliers d'objets connectés seraient donc autant de failles de sécurité ? « *Il y a clairement un point faible dans tous ces dispositifs : leurs puces, qui ne sont pas, ou peu, sécurisées et représentent une porte d'entrée facile pour les pirates informatiques.* » Fort de cet inquiétant constat, le spécialiste de microélectronique décide en 2015 de développer une solution adaptée. « *Lorsque vous utilisez un ordinateur, on vous a donné une licence pour faire fonctionner le logiciel, mais aucun système équivalent n'existait alors pour les puces, nous l'avons donc créé.* » Avec Jérôme Rampon et Gaël Paul, il fonde la société Algodone et se fait accompagner par Languedoc-Roussillon Incubation et la SATT AxLR. Son objectif : proposer un pont sécurisé entre les appareils connectés.

Nouveau modèle économique

Avec un premier brevet déposé en 2015 et un démonstrateur physique dans la foulée, Algodone propose ni plus ni moins qu'un tout nouveau modèle économique : « *nous proposons un dispositif qui permet l'activation, la configuration, la protection et la monétisation sécurisées des réseaux de systèmes électroniques. C'est ce qu'on appelle une technologie de licence d'activation sécurisée* », détaille le chercheur. Celle-ci autorise ainsi le circuit intégré à fonctionner et empêche ainsi que n'importe qui puisse y accéder. Elle peut même permettre de façon sélective à certains utilisateurs d'accéder ou non à certaines données. Une idée originale qui vaudra à Algodone d'être lauréat du concours d'innovation i-Lab 2015.

Après une levée d'1,2 millions d'euros en 2017, la petite entreprise a grandi et Algodone compte aujourd'hui 11 employés. Et des gros clients. « *Nous travaillons essentiellement pour le secteur de la cyber-sécurité avec notamment de grands groupes comme Thales, Dassault aviation, MBDA ou STMicroelectronics* », explique Lionel Torres. Un enjeu de taille pour ce secteur qui se donne pour mission de faire rimer objet connecté avec sécurité. AP

* Lirmm (UM, CNRS, INRIA, UPVD, UPVM)

Voir à travers la matière… de la science-fiction ? C'est pourtant une réalité rendue possible grâce aux ondes TéraHertz. Une technologie qui ouvre à de nombreuses applications développées par l'entreprise Terakalis qui permet par exemple de vérifier que les ailes des avions sont intactes. C'est sûr, ça rassure.

La révolution des ondes TéraHertz

Frédéric Teppe a un super-pouvoir. Il peut littéralement voir dans la matière. Un super-héros ? « *Plutôt un sociologue des électrons* » comme se définit lui-même le physicien. Avec ses collègues du Laboratoire Charles Coulomb*, il étudie depuis des années le comportement de ces particules élémentaires. « *Des oscillations de plasma, ou vagues d'électrons, peuvent se propager dans les transistors pour générer ou détecter des ondes électromagnétiques aux fréquences TéraHertz* », décrypte le spécialiste. Ces ondes TéraHertz se situent dans le spectre électromagnétique entre les micro-ondes et l'infrarouge. Si l'humanité a longtemps été « *totalement aveugle dans cette gamme de fréquence* », les dompteurs d'ondes TéraHertz ont fait la lumière sur leurs propriétés hors du commun…

Voir à travers

« *Ce sont des ondes non ionisantes qui sont donc sans danger pour la santé et qui possèdent un fort pouvoir pénétrant leur permettant de traverser différents types de matériaux, notamment le tissu, le plastique ou encore les matériaux composites et qui permettent un contraste bien supérieur aux rayons X.* » Des propriétés que Frédéric Teppe et ses collaborateurs Wojciech Knap, Nina Dyakonova et Pierre Solignac ont décidé de valoriser en fondant en 2013 la start-up T-Waves Technologies, désormais devenue Terakalis, lauréate de pas moins de 4 prix de l'innovation. Une entreprise d'autant plus remarquée que « *c'est assez rare de voir des applications sortir d'un laboratoire de physique fondamentale* », note Frédéric Teppe.

*L2C (CNRS, UM)

Et pour transformer l'essai, il a fallu convaincre les industriels de tout le potentiel des ondes TéraHertz. Si certains se sont montrés frileux au début, ils se sont rapidement rendus compte que cette capacité à sonder l'intimité des matériaux pourrait s'avérer bien utile. « *Au cours d'une de nos premières présentations, une de nos collaboratrices a retiré son pendentif qu'elle a mis dans une enveloppe. Nous avons alors montré que notre dispositif permettait littéralement de voir le pendentif à travers l'enveloppe* », se remémore Frédéric Teppe.

Contrôle non destructif

La société, qui compte désormais 20 employés, mise aujourd'hui sur cette technologie pour investir le domaine de l'évaluation et du contrôle non destructif de matériaux pour les secteurs scientifiques et industriels. « *Jusqu'à présent pour vérifier qu'une pièce était dépourvue de défaut il fallait la détruire pour observer à l'intérieur, grâce aux ondes TéraHertz on peut désormais évaluer très finement la qualité des matériaux tout en les laissant intacts.* » La technologie se réserve ainsi une place de choix dans le secteur de l'aéronautique ou de l'automobile, gros consommateurs de matériaux plastiques et composites, que les ondes TéraHertz traversent aisément. « *On peut par exemple inspecter les ailes d'un avion ou la carlingue d'un hélicoptère à la recherche d'éventuels défauts* », illustre le physicien. Sécuriser les transports, c'est un des nombreux super-pouvoirs des ondes TéraHertz. AP

C'est une guerre sans merci où le bien et le mal s'affrontent à grand coup d'algorithmes cryptés pour le contrôle des secrets les mieux gardés. Depuis 2017, Victor Lomné et Thomas Roche ont choisi de mettre leurs forces au service des entreprises et de la recherche en créant la start-up NinjaLab. Leur arme : la cryptanalyse.

NinjaLab
la cryptanalyse étoilée

Du japonais *-nin-* pour furtif et *-ja-* pour spécialiste, le ninja évoque immanquablement une silhouette agile et discrète missionnée pour se glisser dans n'importe quelle forteresse en se jouant des systèmes de sécurité. Transformez cette forteresse en une muraille d'algorithmes dressée pour protéger vos secrets et ces combattants deviennent… des cryptanalystes ! *« La cryptologie est la science des secrets,* confie Victor Lomné, co-fondateur de NinjaLab et spécialiste de micro-électronique*. Dans cette science vous avez des cryptographes qui inventent des algorithmes destinés à protéger ces secrets et des cryptanalystes dont l'objectif est de casser ces algorithmes. »*

La meilleure défense…

Ces algorithmes vous les trouverez partout à commencer dans vos poches : cartes bancaires, passeports, smartphones… Ils sont ce qu'on appelle des systèmes embarqués. Leur faiblesse ? La vulnérabilité au vol. *« Il est facile de subtiliser ces objets pour les soumettre à des techniques d'attaque, il est donc impératif qu'ils soient extrêmement bien sécurisés »*, explique Thomas Roche, mathématicien informaticien et deuxième sensei du duo NinjaLab. Et puisque que la meilleure défense reste l'attaque, les concepteurs de produits font appel à… des cryptanalystes pour tester leurs systèmes de sécurité. *« Notre spécialité à nous c'est d'inventer de nouvelles attaques. C'est notre domaine d'innovation »* annonce Victor Lomné. *« Les concepteurs viennent chercher chez nous une expertise qu'ils ne trouveront par ailleurs »* poursuit Thomas Roche.

Gagner la liberté

Héritier d'un écosystème français inventeur de la carte à puce, c'est dans le département « Sécurité matérielle » de la prestigieuse ANSSI, l'agence nationale de la sécurité des systèmes d'information, que le duo fait connaissance. Après quelques années au service de l'Etat, Vincent Lomné repart au Laboratoire d'informatique, de robotique et de microélectronique de l'Université de Montpellier (Lirmm)* où il a réalisé sa thèse, tandis que le second craque pour la marque à la pomme. *« Puis en 2017 il y a eu un alignement des planètes. Thomas s'installait à Montpellier au moment où je voulais tenter l'aventure entrepreneuriale pour gagner la liberté qui m'avait manqué à l'ANSSI »* raconte Victor Lomné. NinjaLab voit le jour et s'installe sur le campus Saint-Priest. *« On se sent plus proche d'un atelier d'artisan que d'une start-up, alors l'environnement du Lirmm nous convient bien »* s'amuse Thomas Roche.

Ninjas blancs

Une vie de geek entrepreneurs ponctuée *« de traversées du désert et de moments d'adrénaline, lorsqu'enfin on trouve la faille »*. Et quand les clients leur en laissent le temps, c'est avec plaisir que les deux ninjas revêtent le costume des white hat hackers, ces hackers éthiques qui sondent les faiblesses des nouveaux produits mis sur le marché, non pour nuire, mais pour avertir utilisateurs et concepteurs. *« On appelle cela du responsible disclosure,* précise Victor Lomné, *c'est notre activité de recherche, quand on fait cela notre objectif c'est aussi de publier. »*

En 2021 c'est à Google que NinjaLab décochait son étoile la plus acérée en trouvant une vulnérabilité dans la clé de sécurité Titan. Une belle vitrine pour l'entreprise qui a vu son carnet de commande exploser et en a profité pour recruter une thésarde mais sans perdre de vue l'essentiel. *« Grossir davantage impliquerait plus de verticalité, plus d'administratif,* souligne Thomas Roche. *Tant que la formule fonctionne et qu'on s'amuse : on reste comme ça ! »* Sagesse de ninja… LL

*Lirmm (UM, CNRS, INRIA, UPVD, UPVM)

Profession JURIGEEK

Simon Mareschal de Charentenay est chercheur en droit et expert blockchain. Plaidant pour les LegalTech, il propose aux entreprises une solution innovante pour dématérialiser leurs titres financiers (actions, obligations etc.). Une technologie exploitée par la plateforme *MonJuridique.infogreffe* et récompensée en 2020 par le prix de l'innovation de l'Université de Montpellier.

« *La blockchain est devenue ma spécialité,* annonce Simon Mareschal de Charentenay. *C'est l'objet de mes recherches et de ma passion et cela m'a emmené vers l'entreprenariat dans ce secteur innovant.* » Et c'est pour répondre aux besoins du monde juridique que ce chercheur en droit, aidé de quelques associés, a mis au point une technologie pour dématérialiser des registres de titres ou d'assemblée générale sur réseau blockchain. Une petite révolution dans la gestion de l'actionnariat qui n'a pas manqué d'attirer l'attention du géant Infogreffe qui commercialise ce produit sous le nom de *MonJuridique.infogreffe*.

Piloter l'actionnariat

« *Il existe actuellement en France 3,5 millions d'entreprises non cotées en bourse. La plupart ont une gestion papier de leurs titres de participation* » poursuit le chercheur. Les titres de participation sont des valeurs mobilières qui permettent à des investisseurs d'apporter des fonds à une entreprise contre rémunération. « *Ces documents papiers circulent d'acheteurs à vendeurs ou entre cabinets d'avocats avec un risque de perte important,* explique le chercheur. *La dématérialisation apporte une première sécurité matérielle, mais la vraie différence se fait avec la blockchain, car elle rend le titre de propriété des actions opposable juridiquement.* » En offrant une meilleure visibilité sur les mouvements des titres financiers, *Monjuridique.infogreffe* devient aussi un véritable outil de pilotage de l'actionnariat qui a déjà séduit plus de 18 000 entreprises depuis son lancement en juillet 2021.

Hybridité professionnelle

C'est en 2016 que « *la mouche blockchain* » pique le jeune chercheur spécialisé en théorie du droit. Un monde de geek qu'il juge « *fascinant* » dans lequel il entre et navigue avec ses armes de juriste. « *La blockchain est un système normatif à part entière ; c'est une sorte de système juridique autonome qui se veut une alternative au système juridique traditionnel.* » Mû par cette passion, il rencontre les informaticiens et ingénieurs avec lesquels il se lance dans l'entreprenariat start-up. Les ingénieurs planchent sur la techno blockchain, et le juriste tente « *d'inventer de nouveaux schémas normatifs capables de matcher avec les besoins de sécurité réglementaire* » et reçoit dans cette démarche le soutien de son laboratoire comme de la Faculté de droit et science politique. « *Je n'aurais pu créer cette hybridité professionnelle si le CERCOP* et ma fac ne m'avaient pas laissé la liberté de m'aventurer dans cette forêt complexe pour en ramener quelques pépites.* »

Montpellier-Stanford

Des pépites dont profite aujourd'hui la Faculté de droit et science politique puisque Simon Mareschal de Charentenay y a créé en 2021 un diplôme d'université spécialisé dans les LegalTech et certifié par le Codex de Stanford, un des meilleurs si ce n'est le meilleur centre de recherche dédié à la LegalTech au monde. « *Je l'appelle le diplôme Netflix : entièrement dématérialisé, ouvert à toutes les nationalités, en immersion dans les directions juridiques de Google et avec des profs américains qui se filment en se baladant dans la Silicon Valley… C'est très frais !* » Une manière pour ce précurseur de tracer son sillon tout en démontrant que les études de droit peuvent ouvrir « *des carrières hybrides où l'université n'est pas juste distributrice de savoir mais actrice de l'innovation* ». De quoi faire naître des vocations… en chaîne. LL

*CERCOP (UM)

Sky *is the limit*

Contrôler l'état opérationnel des pilotes d'avion grâce à un capteur capable de mesurer en temps réel leur activité cérébrale, telle est la promesse de la start-up Semaxone. Un projet de haut vol pour améliorer la sécurité et la performance dans l'aviation civile et militaire.

Au décollage il y a Guilhem Belda*, un ingénieur en informatique passionné par l'aéronautique. Son sujet de prédilection ? L'ergonomie ou comment faire en sorte qu'un « système complexe », un avion en vol par exemple, s'adapte en temps réel à l'humain qui le pilote. Le jeune ingénieur imagine une technologie qui le propulse dans le monde de l'entreprenariat : « *un capteur et des algorithmes capables d'analyser la voix et l'activité cérébrale des pilotes pour suivre en temps réel l'évolution de leur état opérationnel et physiologique* ».

La diversité des compétences exigées fait comprendre à Guilhem Belda que ce vol ne se fera pas sans un solide équipage. Pour l'analyse de la voix, il fait appel au laboratoire informatique d'Avignon. Reste à trouver un troisième co-pilote et c'est l'incubateur des Mines d'Alès qui joue la tour de contrôle en lui indiquant la direction d'EuroMov Digital Health in Motion où travaille Stéphane Perrey, neurophysiologiste spécialisé dans la mesure de l'oxygénation du cerveau et ses conséquences sur nos performances cognitives.

Etude pilote

Depuis 10 ans, Stéphane Perrey utilise une méthode optique appelée la spectroscopie dans le proche infrarouge ou NIRS. « *Ce procédé permet de quantifier la partie oxygénée et non oxygénée de l'hémoglobine dans le tissu cérébral grâce à des LED qui émettent une lumière infrarouge à deux longueurs d'ondes particulières. Un peu comme lorsqu'on mesure votre saturation en oxygène avec une pince au bout du doigt* » explique-t-il. Le plan de vol de Semaxone est audacieux : mesurer, en vol, l'impact de l'altitude et des accélérations successives sur l'oxygénation cérébrale des pilotes et donc sur leurs capacités de décisions dans des situations de stress.

« *Des travaux très novateurs qui intéressent beaucoup le secteur aéronautique* », souligne Guilhem Belda. Pour mener cette étude, les partenaires conçoivent un boitier semblable à une lampe frontale et parviennent à en équiper les pilotes de l'équipe de France de voltige aérienne, dont le champion du monde. « *Ils subissent au cours de ces vols une succession de forces gravitaires de + ou - 10 G,* décrit Stéphane Perrey, *des conditions extrêmes qui impactent le fonctionnement du cerveau et peuvent représenter un risque de syncope.* » Un risque que la technologie Semaxone peut prévenir, en alertant en temps réel sur l'état neurophysiologique du pilote.

Retour de vol

Prévenir certes mais prévenir qui et comment ? Faut-il le brancher sur le cockpit et transmettre l'information directement au pilote avec le risque de le surcharger ? Faut-il passer par un tiers ? « *C'est une problématique industrielle qui n'est pas encore tranchée et qui implique des certifications différentes. Il faut voir savoir ce qu'on veut en faire et dans combien de temps* » projette l'entrepreneur. À court terme le capteur pourrait être utilisé comme outil de retour de vol « *à des fins de régulation pour que les pilotes s'entraînent à mieux maîtriser ces situations. On parle de neurofeedback* » explique Stéphane Perrey.

À plus long terme, Guilhem Belda imagine avec certains constructeurs des avions intelligents capables de s'adapter au pilote. « *On pense à des ajustements ergonomiques permettant de mettre en valeur certaines informations ou de limiter l'influence des accélérations* ». Tout est possible, seul le ciel est une limite ! LT

Découvrez les pilotes de Semaxone en image dans cette vidéo présentant les projets de l'unité de recherche EuroMov Digital Health in Motion.

*EuroMov DHM (UM, IMT Mines Ales)

Elisa,
6 ans et presque toutes ses dents

A quoi ca sert de créer une entreprise ?

Pour répondre à cette question, qui semble toute simple, mais qui est en réalité d'une grande complexité, il est important de commencer par définir ce qu'est une entreprise. Il existe de nombreuses définitions de l'entreprise. Mais celle que nous retiendrons ici, c'est qu'une entreprise est une organisation, c'est-à-dire des femmes et des hommes qui vont mobiliser des moyens comme des locaux, des outils, des machines, des connaissances, de l'information ou des ressources financières pour produire des objets ou des services et les vendre à des clients prêts à payer pour se les procurer.

Cette organisation résulte d'une idée qui germe et se développe dans l'esprit d'un individu ou de plusieurs. Quand l'entrepreneur.e ou l'équipe entrepreneuriale croit que cette idée sera bien reçue par le marché, autrement dit qu'il y aura suffisamment de clients, on appelle cette idée une opportunité. Il peut s'agir de l'idée d'un nouveau bien ou service, d'une nouvelle façon de produire ou d'offrir ce bien ou ce service, ou encore d'une nouvelle entreprise. C'est cette conviction que le projet va trouver son marché qui fait de l'idée de départ un projet entrepreneurial. Ce projet peut donc prendre la forme d'une création d'entreprise, mais peut aussi se développer dans une organisation existante.

Répondre à la question « *À quoi ça sert de créer une entreprise ?* », c'est donc s'interroger sur l'utilité d'une création d'entreprise, l'utilité pour les clients et pour l'entrepreneur. Créer une entreprise sert ainsi à satisfaire les attentes des consommateurs, voire de la société dans son ensemble, si l'on pense par exemple à la mise sur le marché de véhicules moins polluants.
Cela sert aussi à satisfaire les aspirations personnelles de l'entrepreneur.e ou de son équipe qui peut voir dans le projet entrepreneurial un moyen d'exercer sa liberté de décision, de prendre plaisir à innover, d'acquérir du pouvoir, de s'enrichir, de contribuer à un monde meilleur…

Jean-Marie Courrent professeur en entrepreneuriat et management de la PME à l'institut Montpellier Management (Université de Montpellier), directeur du LabEx Entreprendre, chercheur au laboratoire Management Research in Management (UM - Université de Perpignan Via Domitia)

Un article en partenariat avec le site The Conversation

UNIVERSITÉ · MONTPELLIER ·
Université de Montpellier
www.umontpellier.fr