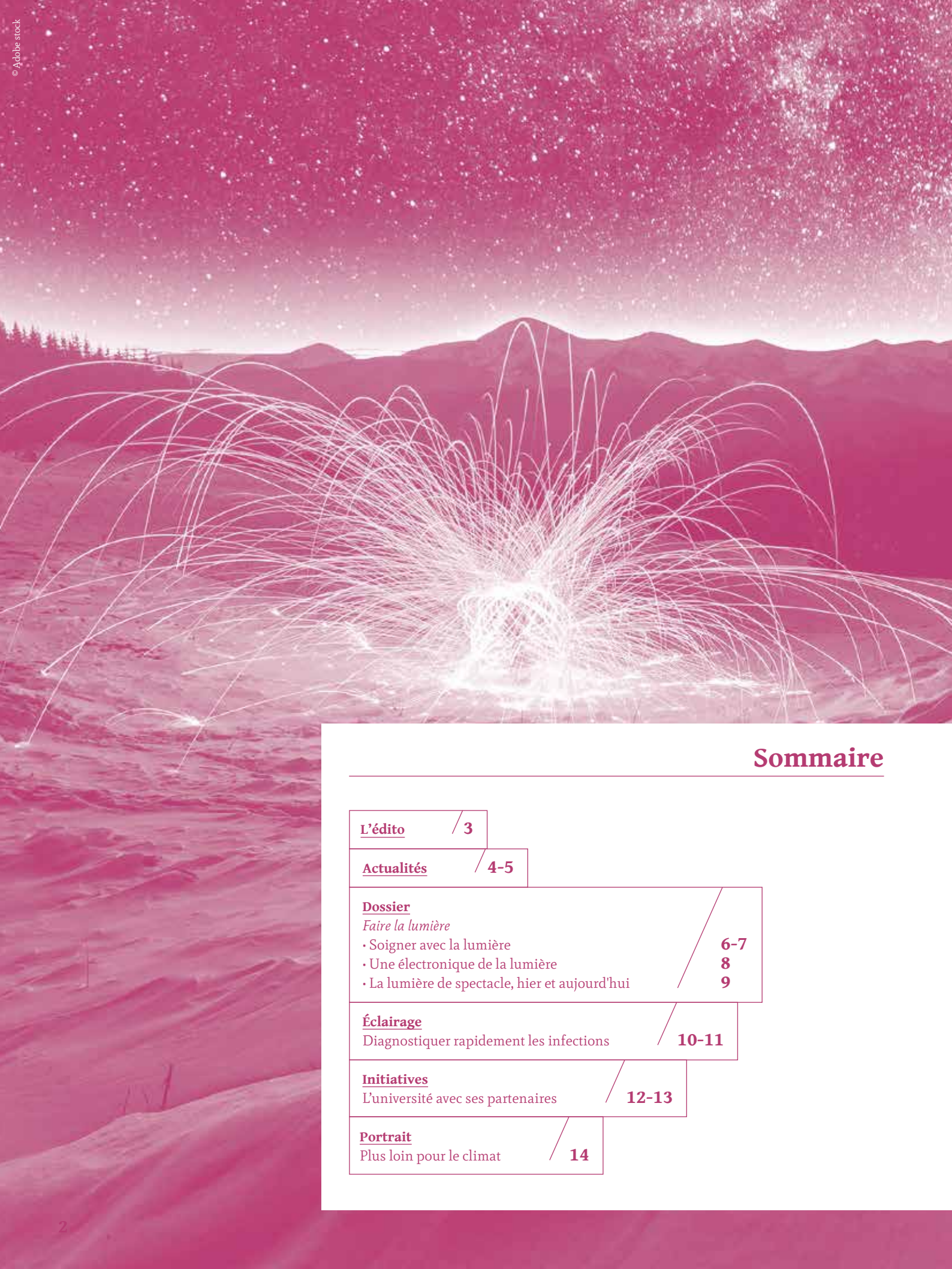




#3 / FAIRE LA LUMIÈRE

Éclairage : *Diagnostiquer rapidement les infections*
Portrait : *Plus loin pour le climat*



Sommaire

L'édito	3
Actualités	4-5
Dossier <i>Faire la lumière</i> • Soigner avec la lumière • Une électronique de la lumière • La lumière de spectacle, hier et aujourd'hui	6-7 8 9
Éclairage Diagnostiquer rapidement les infections	10-11
Initiatives L'université avec ses partenaires	12-13
Portrait Plus loin pour le climat	14

L'édito



La lumière au bout du tunnel, c'est sans doute d'abord ce dont nous avons toutes et tous besoin dans nos vies chahutées par la pandémie. En attendant, il y a aussi une envie profonde de continuer à vivre, à se projeter, à travailler. C'est le cas de nombreux laboratoires de l'université, engagés dans la recherche de moyens de lutter contre le Sars-Cov-2. Leurs équipes évaluent de possibles traitements, affinent la prise en charge des patients, ou mettent au point de nouveaux masques virucides. Elles auscultent aussi les phénomènes en cascade qui ont saisi notre société du fait de la crise. Avec volonté et une bonne dose de créativité, notre communauté universitaire ne manque pas de faire sa part du travail, par exemple en développant des tests de diagnostic rapide afin de déceler les plus petits indices d'évolution de l'épidémie.

Pendant ce temps, nous n'oublions pas que notre société a toujours besoin de connaissances et d'innovations dans bien d'autres domaines. Les exemples évoqués dans ce nouveau numéro sont l'une des preuves, une fois encore, que l'humanité n'a jamais fini de domestiquer et de découvrir les richesses de cet élément presque banal qu'est la lumière. C'est elle qui détecte qu'un virus vient de s'accrocher à un anticorps. C'est elle aussi qui soigne en déclenchant à la demande la libération d'une substance pour détruire les cellules cancéreuses. Ces recherches constituent la voie originale poursuivie par le laboratoire OncoThAI, qui mène une approche profondément pluridisciplinaire entre physique, mathématiques, médecine et ingénierie pour ouvrir de nouvelles possibilités de traitement de cancers qui semblaient sans issue.

Ce numéro fournit la preuve, une fois encore, que l'humanité n'a jamais fini de domestiquer et de découvrir les richesses de la lumière.

Ailleurs, c'est encore la lumière qui laisse entrevoir une possible révolution dans l'électronique, en se substituant à la traditionnelle électricité pour transporter et manipuler l'information numérique. Elle est là aussi, la lumière, pour dévoiler les tréfonds de l'expérience humaine sur une scène de théâtre, qu'un projet coordonné à l'université ambitionne entre autres d'étudier.

Il était enfin important de finir ce numéro en évoquant, à travers plusieurs initiatives, l'un des défis majeurs dans lequel sont engagés l'université et ses partenaires. C'est celui, essentiel, de former de nouvelles générations à aborder avec compétence les transitions multiples que va opérer notre société dans les années à venir. Leur enthousiasme et leur implication sont notre récompense, et la promesse de perspectives passionnantes. Lumière!

Jean-Christophe Camart
Président

Les actualités de l'Université de Lille



Cancer : mêler les approches

Ce bâtiment qui sortira de terre en 2022 va abriter ONCOLille, le nouvel institut de recherches interdisciplinaires sur le cancer, lancé par les acteurs lillois de la recherche dans ce domaine. Il a pour objectif d'améliorer les connaissances sur ces maladies, et notamment de mieux comprendre les mécanismes de la résistance aux traitements et ceux qui rendent les cellules tumorales « dormantes ». Pour cela, il utilisera des approches à la croisée de nombreuses disciplines : biologie, physique, chimie, mathématiques, bio-informatique, économie, technologies pour la santé, sciences humaines et sociales...

Lancé par l'Université de Lille, le CHU de Lille, l'Inserm, le CNRS et le centre Oscar Lambret, ONCOLille se situera entre ce dernier et l'hôpital Huriez.

Recherche participative

Pourquoi n'y a-t-il pas les mêmes oiseaux de part et d'autre de la frontière franco-belge ? Est-ce dû à des conditions environnementales différentes ? Cette question, des groupes ornithologiques bénévoles ont pu la poser à une équipe de recherche, grâce à la boutique des sciences de l'Université de Lille. Cette structure originale met en relation des associations, collectifs à but non lucratif, coopératives, fondations, etc. de la région, avec des chercheur·se·s et étudiant·e·s en master, pour explorer des questions d'intérêt général.

« Récemment, raconte Florence Ienna, responsable de la recherche participative à l'université, *une association d'aide aux personnes en situation de handicap mental est venue nous voir avec une intuition forte : que nombre de leurs adhérents pourraient habiter de manière autonome, alors qu'ils sont aujourd'hui souvent en institution spécialisée.* » Des hypothèses de travail nourries d'une longue expérience de terrain que l'équipe de recherche sollicitée va soigneusement prendre en compte. « *Notre rôle est de veiller à ce que le collectif et les chercheuses et chercheurs travaillent ensemble, régulièrement, sur un pied d'égalité* », précise Florence Ienna. Concrètement, la boutique des sciences met à disposition des méthodes éprouvées en recherche participative, afin de défricher la question pendant six mois, orientant ensuite les parties prenantes vers des projets de plus grande ampleur si besoin. Pour participer cette année, c'est avant fin mars 2021...

boutique-des-sciences@univ-lille.fr

Masque commercialisé par Bioserenity intégrant une couche virucide



Des masques qui s'auto-décontaminent

Avec l'émergence de variants du Sars-Cov-2 plus contagieux, la question de l'efficacité des masques s'est à nouveau posée. À l'échelle d'une population, chaque pourcent d'amélioration peut avoir un effet significatif sur la propagation de l'épidémie. Des recherches menées par les équipes de Bernard Martel de l'unité Matériaux et transformations (Umet¹), et Nicolas Blanchemain, de l'unité Systèmes avancés de délivrance de principes actifs (ADDS²), ont permis la mise au point et la commercialisation de nouveaux types de masques filtrants et décontaminants, qui non seulement piègent les virus, mais aussi les désactivent. Ils permettent de réduire la charge virale de 99,9 % en moins de 5 minutes. Ainsi automatiquement décontaminés, leur manipulation est beaucoup moins contraignante. Conformés aux normes de filtration et certifiés comme dispositifs médicaux, ces masques sont destinés en priorité aux personnels soignants et aux malades de la Covid-19 en milieu hospitalier.

L'intérêt du procédé mis au point par les deux équipes lilloises est qu'il permet de rendre virucide la couche filtrante des masques, constituée de fibres très fines (« non tissé en polypropylène ») sans détériorer ses propriétés filtrantes et de manière industrialisable. Il consiste à fixer sur les fibres des molécules en forme d'anneau, constituées de sucres et appelées cyclodextrines. C'est dans ces « cages » que viennent se piéger les molécules virucides, qui restent donc dans la couche filtrante.

Cette étape supplémentaire dans la fabrication des masques ne nécessite pas d'équipements de production spécifiques, et s'adapte sans difficultés à des grands volumes industriels. C'est pourquoi cette couche virucide a pu être intégrée dans des masques chirurgicaux et FFP2. Leur sécurité a été validée, la quantité d'agent virucide étant plus de cent fois inférieure aux seuils de toxicité légaux, et la couche traitée n'étant en contact ni avec le visage, ni avec l'extérieur.

Autre avantage, l'agent virucide utilisé est efficace non seulement contre les virus similaires au Sars-Cov-2 mais aussi contre d'autres virus et des bactéries, comme le staphylocoque doré ou *Escherichia coli*. Ces masques virucides pourraient donc diminuer fortement le risque de contracter une infection par voie respiratoire à l'hôpital, par exemple.

¹ (Univ. Lille/CNRS/Inrae/ENSCL)

² *Advanced Drug Delivery Systems* (Univ. Lille/Inserm/CHU Lille)

D'un virus à l'autre

Appelé CIDALTEX®, le procédé est exploité aujourd'hui par la société française Bioserenity pour la fabrication de ses masques virucides. Il a fait très récemment l'objet d'un dépôt de brevet aux États-Unis. Il s'agit en fait d'une évolution d'un procédé déjà breveté en 2011 par les équipes de l'Umet et de l'ADDS. Le projet qui en était à l'origine avait été initié à l'occasion de l'épidémie de H1N1 de 2009, mais n'avait pas abouti à une industrialisation faute de partenaire, et suite au bilan humain de cette pandémie heureusement limité.



« Mon projet pour les JO 2024 »

Étudiante en 3^e année de médecine à l'université, Anaïs-Mai Desjardins vise une médaille aux JO de 2024 en kitefoil.

Qu'est-ce que le kitefoil ?

Le kitefoil est apparenté au kitesurf (planche de surf tractée par une voile de type parapente). Il a l'avantage de se pratiquer même s'il y a peu de vent, grâce au foil, une sorte d'aile qui soulève la planche au-dessus de l'eau. La compétition prévue aux JO est une course de vitesse, un relais mixte. Mon point fort est de plutôt naviguer avec finesse avec des manœuvres proprement exécutées, et je travaille lors de mes stages sur tous les autres aspects de la régata pour gagner aussi sur mes points faibles.

Comment se prépare-t-on à une compétition olympique en étant étudiante ?

Ce serait impossible sans aménager mes études grâce au statut de sportive de haut niveau attribué par l'université. Car je dois dégager deux ou trois semaines par mois pour mes entraînements entre Dunkerque - où les conditions hivernales sont un bon test de motivation ! -, et le Sud de la France. Tout cela serait aussi très difficile sans le soutien de mes sponsors comme la fondation de l'Université de Lille, qui me permettent de rester concentrée sur mes deux activités.

Y a-t-il des liens entre vos deux activités ?

Oui. Par exemple, pour préparer médecine, j'ai dû interrompre le kitefoil pendant un an. Paradoxalement, cela a été très bénéfique : avec la rigueur et la méthode développées pour réussir le concours, j'ai abordé les compétitions de kitefoil avec beaucoup plus de maturité. Pour l'instant, j'arrive à mener les deux de front, mais je me prépare à allonger un peu la durée de mon cursus dans les années à venir. Je ne sais pas encore quelle spécialité je veux viser, mais peut-être sera-t-elle liée aux domaines auxquels je m'intéresse du fait de mon sport, comme la préparation mentale, l'hypnothérapie ou la nutrition.

FAIRE LA LUMIÈRE

Traiter, calculer ou révéler :
à Lille, l'exploration de nouveaux usages
de la lumière est en plein essor.



© Pr. Serge Mordon - Inserm - Lille - France

Soigner avec la lumière

C'est une technique encore peu connue : la thérapie photodynamique cible les cellules cancéreuses pour les détruire à l'aide de la lumière.

Traiter des cancers avec de la lumière ? Contre certains d'entre eux, une technique, la thérapie photodynamique, a déjà démontré son efficacité. Mais en fait, son action peut s'élargir à bien d'autres cancers, en menant une R&D poussée au plus près des besoins des oncologues. C'est l'une des tâches à laquelle s'est attelé le laboratoire OncoThAI¹, en se focalisant, précise son directeur le professeur Serge Mordon, « sur les cancers en impasse thérapeutique ». Le principe : faire s'accumuler dans des cellules cancéreuses une substance appelée photosensibilisateur. Ensuite, éclairer la zone à traiter avec une lumière de longueur d'onde bien déterminée, ce qui déclenche une réaction impliquant le photosensibilisateur et l'oxygène.

Celle-ci produit des substances toxiques qui détruisent la cellule cancéreuse.

Trouver le photosensibilisateur qui va s'accumuler préférentiellement dans les cellules cancéreuses dépend du type de tumeur. L'un de ceux qui sont le plus fréquemment utilisés, peut être produit à partir d'acide amino-lévulinique (5-ALA). Le 5-ALA est un médicament déjà autorisé en dermatologie, un avantage de taille quand « aujourd'hui, développer un médicament à partir d'une nouvelle molécule coûte parfois plusieurs centaines de millions d'euros », souligne Serge Mordon.

Mais cette approche a ses limites. Dans certains cancers, ces photosensibilisateurs

ne ciblent pas assez spécifiquement les tumeurs. Ce qui expose à un risque, dans le cas des tumeurs de l'ovaire par exemple, car la zone traitée est proche d'organes vitaux. « C'est pourquoi nous travaillons avec une photochimiste de Nancy², Céline Frochot, sur un nouveau photosensibilisateur, indique Serge Mordon, qui cible beaucoup plus précisément ces tumeurs » en exploitant le fait que la membrane de leurs cellules contient un certain type de molécules en plus grande quantité (les récepteurs au folate).

Une application fréquente de la thérapie photodynamique concerne les lésions précancéreuses de la peau. Premier motif de consultation en dermatologie, les kératoses actiniques sont des lésions liées à l'exposition au soleil, qui apparaissent notamment sur les crânes des hommes chauves passé un certain âge, et peuvent évoluer en cancer dans 10 %



des cas. Parce qu'une partie d'entre elles sont invisibles à l'œil nu, la thérapie photodynamique est l'outil de choix pour les traiter, en appliquant le médicament 5-ALA sous forme de crème. Seulement, cette technique était pour le moment très douloureuse.

La solution trouvée par le laboratoire : un bonnet lumineux, à base de fibres optiques, qui optimise et rend le traitement totalement indolore. Petite curiosité dans un laboratoire médical de pointe, ses membres n'hésitent pas en effet à tester des idées avec des imprimantes 3D et des machines à coudre. « *Nous développons les projets de A à Z : modélisation de l'interaction de la lumière avec les tissus biologiques et des réactions photochimiques, mise au point des prototypes... jusqu'à la conception*

des essais cliniques. » explique Serge Mordon, pointant les « huit chefs ou cheffes de service du CHU » qui enracinent le laboratoire dans le terrain, tout comme les ingénieurs et techniciens, sans compter un accompagnement administratif vital : « *un dossier d'analyse de risques, c'est 500 à 1 000 pages...* ». Pour les tissus lumineux, le laboratoire collabore avec une entreprise lyonnaise spécialisée, Texinov. Des développements qui ne concernent pas que les cancers : un autre projet met actuellement au point un pyjama lumineux pour traiter la jaunisse du nourrisson, afin d'éviter de séparer celui-ci de ses parents.

Aiguilles transparentes

L'inconvénient avec la lumière, c'est qu'elle ne pénètre pas profondément, ne pouvant atteindre la tumeur si celle-ci n'est pas en surface. C'est le cas pour certaines lésions profondes des pré-cancers de la peau. C'est pourquoi le laboratoire a développé avec le CEA³ à Grenoble un patch de micro-aiguilles transparentes, longues de 0,4 à 0,75 millimètres, qui permettent de conduire la lumière jusqu'aux lésions. Ce premier prototype a demandé une R&D de plusieurs années : les aiguilles devaient être suffisamment minces pour que les patients ne sentent rien, mais suffisamment solides pour ne pas se déformer quand elles s'enfoncent.

Pour aller encore plus profondément, la solution est parfois d'amener la lumière jusqu'à la tumeur par une fibre optique.

C'est le cas pour une tumeur du cerveau habituellement incurable, le glioblastome, qui est la troisième cause de décès par cancer chez le jeune adulte. Dans certaines situations, la tumeur est trop mal placée pour être retirée entièrement lors d'une opération, sans risquer d'endommager le cerveau. D'où l'intérêt d'introduire une fibre optique pour traiter les cellules cancéreuses restantes par thérapie photodynamique. Maximilien Vermandel, ex-membre du laboratoire vient de lancer une startup, Hemerion⁴, pour développer cette technique particulièrement prometteuse. ■

¹ (Univ. Lille/ Inserm/ CHU Lille)

² Laboratoire réactions et génie des procédés (Univ. Lorraine/ CNRS)

³ Laboratoire d'électronique et de technologie de l'information (LETI)

⁴ www.hemerion.com, soutenue par la fondation Université de Lille.

Réveiller le système immunitaire

Et si la thérapie photodynamique avait des vertus insoupçonnées ? C'est ce que se sont demandées les équipes d'OncoThAI après les résultats particulièrement prometteurs de plusieurs essais sur une maladie très meurtrière, le mésothéliome pleural malin – ou « cancer de l'amiante ». En complément d'autres traitements, la survie des patients est ainsi passée d'un peu plus d'un an en moyenne à environ trois ans et demi. « *Un collègue de Philadelphie nous a dit : ce n'est pas possible, il doit y avoir autre chose.* »

Cette autre chose est sans doute que la thérapie photodynamique tend à « booster » le système immunitaire. C'est une des raisons qui ont motivé le laboratoire à intégrer récemment une équipe de spécialistes du système immunitaire, celle de la professeure Nadira Delhem, pour lancer de vastes recherches fondamentales sur le sujet. « *Pour éviter d'être repérée et éliminée par le système immunitaire, la tumeur en bloque les rouages grâce à des molécules qu'elle émet dans l'organisme – ce qu'on appelle des inhibiteurs de checkpoints.* » Depuis peu, des équipes dans le monde entier commencent à en découvrir différents exemples (l'un d'eux couronné par le prix Nobel de médecine en 2018). Comprendre comment agir sur ces checkpoints avec la lumière, tel est l'enjeu de ces recherches à OncoThAI, qui pourraient permettre d'élargir la gamme de cancers où l'immunothérapie est efficace.

Une électronique de la lumière

La lumière remplacera-t-elle l'électricité dans les circuits imprimés ? C'est l'un des enjeux d'une science en plein essor, sur lequel porte le projet européen EmergenTopo.

Aujourd'hui, la vitesse avec laquelle un micro-processeur peut manipuler des données informatiques tend à plafonner. Pour aller plus loin, de nombreux laboratoires travaillent à inventer une électronique totalement nouvelle qui n'utilise plus l'électricité mais la lumière. En découlent des défis scientifiques majeurs, dont le projet EmergenTopo explore des pistes inédites et très prometteuses.

Le problème des circuits à base de lumière est de les miniaturiser. Car sur des puces de taille inférieure au millimètre, ils ont des fuites : dès que la lumière doit faire des virages très serrés, elle a tendance à se réfléchir fortement, perdant une grande partie de son intensité. Des réflexions parasites peuvent également se produire en ligne droite, un retour à l'expéditeur qui perturbe le laser à l'origine de la lumière.

La révolution topologique

Mais depuis les années 2000, des phénomènes qui semblaient jusque-là plutôt exotiques, liés à une branche des mathématiques appelée topologie, sont venus bousculer les certitudes scientifiques. Depuis, le volume d'articles publiés dans le domaine, couronné par un prix Nobel en 2016, n'en finit plus de croître. L'enjeu, ni plus ni moins, est d'obtenir des courants extrêmement efficaces, car protégés des fuites et imperfections par ces propriétés « topologiques ». D'abord explorées pour le courant électrique classique, elles se sont assez vite étendues au transport de la lumière.

L'ingrédient principal, c'est un bord : une interface avec un autre matériau, qui peut être tout simplement l'air. Pour le reste, il y a eu surtout deux voies explorées. Celle de sculpter la matière avec des motifs réguliers comme des hexagones – les « cristaux photoniques » – avec l'inconvénient qu'on ne peut pas modifier les propriétés du matériau après sa fabrication. L'autre voie utilise un champ magnétique, là aussi difficile à miniaturiser et à contrôler.

L'une des nouvelles pistes explorées par EmergenTopo permet d'allumer le courant à la demande, par laser. C'est un effet qui est appelé « non-linéaire » en physique. À basse intensité, il ne se passe rien. Puis il y a une sorte de seuil au-delà duquel le courant de lumière apparaît.

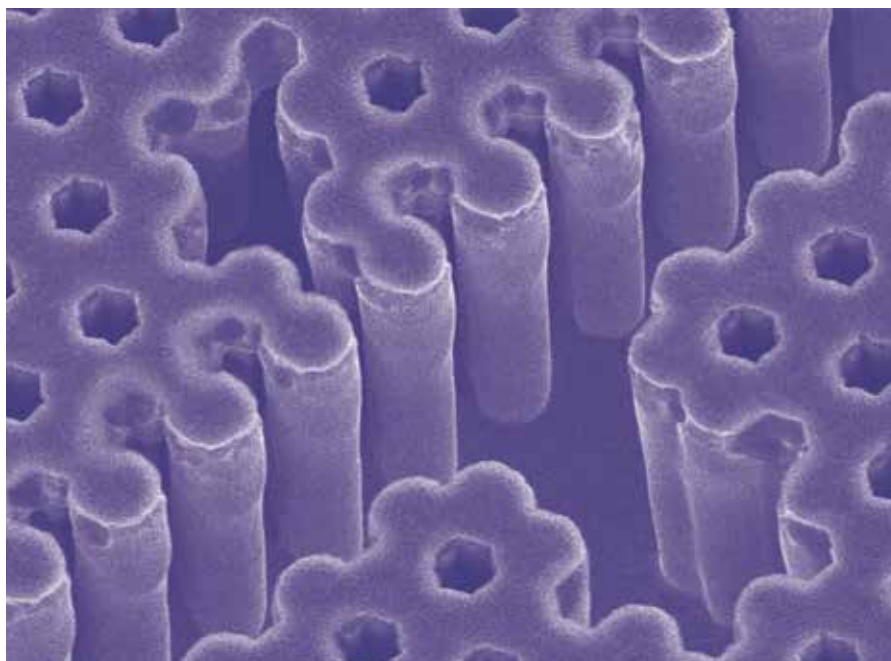
« Des théoriciens ont prédit ce phénomène en 2015, mais ce n'est que maintenant que nous allons pouvoir le mettre en évidence,

explique Alberto Amo, du laboratoire de physique des lasers, atomes et molécules (Phlam¹), qui coordonne le projet, *grâce à des semi-conducteurs d'une qualité exceptionnelle* », fruits d'une collaboration au long cours avec l'équipe de Jacqueline Bloch au centre de nanosciences et de nanotechnologies (C2N²).

L'autre voie est plus exploratoire. Ouverte avec Pierre Suret et Stéphane Randoux, également du Phlam, elle utilise un système de fibres optiques « couplées ». Il s'agit, en perturbant régulièrement un système optique – *« par exemple en faisant varier la vitesse d'impulsions lumineuses tournant dans un anneau de fibres optiques »* – de créer là aussi un courant très efficace. Deux pistes à suivre, donc, pour ce projet prévu jusqu'en 2025. ■

¹ (Univ. Lille/CNRS)

² (Univ. Paris-Saclay/CNRS)





La lumière de spectacle, hier et aujourd'hui

Encore très peu étudiée, la « lumière de spectacle » fait l'objet d'un programme international¹ de recherche et de formation coordonné par Véronique Perruchon, du centre d'étude des arts contemporains (CEAC²).



Pourquoi lancez-vous ce projet ?

Entre autres, parce que la lumière et l'obscurité sont pour moi un élément fondamental de « l'énigmatique beauté » d'une scène de spectacle. Or, à l'inverse des scénographes, les éclairagistes restent des métiers de l'ombre, qui n'ont été reconnus comme tels qu'assez récemment : il faudra, par exemple, attendre le premier festival d'Avignon, en 1947, pour que ce terme figure sur une fiche de paie. Alors qu'aujourd'hui la plupart des compagnies ont leur créatrice ou créateur lumière, peu peuvent citer quelques noms du passé récent, au-delà de grandes figures comme André Diot, qui importa du cinéma ses lampes puissantes à la fin des années 1960. Il y a très peu de travaux historiques ou sociologiques, surtout pour le XX^e siècle.

Pourquoi cette absence d'études ?

Peut-être parce que cette question n'a longtemps pas été considérée comme légitime. Les universitaires n'abordaient généralement la lumière de spectacle que d'un point de vue esthétique ou philosophique. Lorsque j'ai préparé ma thèse dans les années 2000, après un début de carrière comme éclairagiste, il était peu envisageable que mon sujet porte sur un thème de ce genre. À l'époque, on me disait sans grand enthousiasme : *ah, tu viens de la technique ?* Celle-ci a longtemps rebuté, pourtant elle a eu un impact considérable.

Quelle a été justement cette influence ?

La technique a contraint l'esthétique du théâtre européen tout au long de son histoire. Pendant longtemps, par exemple, on a combattu le noir. Au XVI^e siècle, le théâtre, art de plein air, commence en effet à se donner à l'intérieur, souvent dans d'anciennes salles de jeu de paume éclairées par la lumière naturelle, qu'on tente alors de renforcer par des lustres de chandelles. Au siècle suivant, des machineries italiennes couplées aux dorures et pierreries des décors sont l'occasion, devant le Roi-Soleil, d'une débauche de lumière, éblouissante au sens propre comme au figuré. Au XIX^e siècle, les théâtres des Grands boulevards à Paris ne lésinent pas non plus sur leur puissant éclairage au gaz, destiné à attirer les promeneurs à l'intérieur.

Mais l'ombre prend peu à peu de l'importance, avec l'attrait romantique pour la nuit, le goût pour les illusions visuelles qui réclament d'éteindre la salle, ou encore l'arrivée du gaz, qui permet de moduler l'éclairage. Au XX^e siècle, le noir devient incontestablement la marque du théâtre contemporain.

Quelles sont les évolutions ces dernières années ?

Pour la première fois, on n'éclaire plus par la chaleur, avec l'interdiction depuis 2012 des lampes à incandescence. Le passage aux LED constitue une évolution majeure que nous nous proposons d'étudier. Venues de l'univers des concerts et des sons et lumières, les LED démultiplient les possibilités créatives, par la programmation des lampes et de leurs déplacements. Mais les éclairagistes perdent dans le même temps le rapport sensuel avec les lampes que conférait le réglage manuel. La palette des LED est aussi plus froide, plus proche du couvert nuageux que du soleil.

Cette révolution a aussi un coût, car remplacer un parc matériel peut fragiliser l'équilibre économique précaire des théâtres, certains projecteurs atteignant 10 000 euros. En outre, ces techniques nécessitent des compétences informatiques pointues, à actualiser en permanence du fait de leurs fréquents perfectionnements. Avec la LED, une génération d'éclairagistes est ainsi en train de laisser place à la suivante. D'où, l'urgence aussi d'en faire l'histoire, tant que ces témoins sont toujours vivants. ■

¹ ceac.univ-lille.fr/axes-et-programmes/programmes/lumiere-de-spectacle/
² Univ. Lille

DIAGNOSTIQUER RAPIDEMENT LES INFECTIONS



La chimiste Sabine Szunerits¹ coordonne deux projets de tests de diagnostic rapide d'infections virales comme le SARS-CoV-2.

Pourquoi avons-nous besoin d'outils de diagnostic rapide ?

Pour savoir précisément quand nous sommes contagieux. Prenons le diagnostic du SARS-CoV-2, par exemple. Aujourd'hui, les tests les plus courants sont les tests RT-PCR. Ils détectent le matériel génétique du virus, même en très petite quantité. Cela dit que le virus est ou a été dans notre corps. Cela ne dit pas si nous risquons réellement d'infecter ceux que nous croisons. En outre, le résultat du test PCR n'est souvent donné qu'en 48h. Comment savoir si nous devons nous isoler immédiatement ? Comment prendre une décision en situation d'urgence, comme une opération chirurgicale ? Pour savoir si nous sommes à risque d'infecter, il faut déterminer si le virus en lui-même, c'est-à-dire les « particules virales » qu'on porte, sont entières et ont toujours la capacité de s'introduire dans les cellules pour s'y multiplier. Pour cela, il faut détecter les protéines qui leur servent de clé, ces « pointes » ou « têtes de clou » appelées spicules qui hérissent la surface du virus. C'est ce que font les tests que nous développons, grâce à des anticorps artificiels, choisis pour « s'accrocher » à ces pointes.

Comment avez-vous lancé ce projet ?

Nous prônons fréquemment l'interdisciplinarité entre biologistes, chimistes et physiciens. La réalité, c'est que bien peu de ces recherches passent la porte des laboratoires pour parvenir aux patients. Pour cela, il faut des études cliniques, et donc des médecins. Moi, j'ai eu la chance de rencontrer David Devos, neurologue au CHU Lille et professeur en pharmacologie à l'université, lors d'un colloque à Taïwan en novembre 2019. Nous devions nous revoir, mais le rendez-vous tombait au début du premier confinement : le contexte nous a décidé à déposer un projet pour développer un diagnostic rapide du Covid-19. Grâce à son enthousiasme, nous avons pu constituer en quelques semaines un réseau à l'hôpital autour de ce projet, et tout s'est enchaîné.

Quels sont les avantages du dispositif que vous développez ?

Notre but est un test beaucoup plus sensible que les tests antigéniques actuels, avec des performances si possible analogues à celles des tests RT-PCR. Pour cela, le test devra rendre sa réponse même si l'échantillon ne contient qu'une centaine de virus par millilitre. Il donnera son résultat en dix à vingt minutes, avec un encombrement réduit.

Comment fonctionnent ces tests ?

Les anticorps artificiels chargés de détecter les pointes du virus sont fixés sur une surface. Quand un virus passe à proximité, il s'y accroche. Pour détecter que l'accrochage s'est produit, nous avons suivi deux directions. La première le détecte grâce à un courant, c'est ce qu'on appelle l'électrochimie. L'énorme avantage, c'est qu'elle est basée sur de l'électronique facilement miniaturisable : l'échantillon est placé sur de petites électrodes souples, peu coûteuses et connectées à une puce, elle-même branchée sur un téléphone portable. Avec un échantillon de sa salive, le patient peut se diagnostiquer lui-même, et le résultat envoyé automatiquement au médecin. Ce qui sera très utile, par exemple, pour les dépistages massifs qui demandent une mobilisation très importante de personnels de santé.



Quel est le second projet ?

Il repose sur une détection optique. On accroche les anticorps artificiels sur une petite lame en or, qu'on éclaire avec un laser. Dès qu'un virus s'accroche sur l'anticorps artificiel, il est détecté car la lumière ne se réfléchit pas avec le même angle. Cela s'appelle la résonance plasmonique de surface, du nom des ondes à l'origine du phénomène. Contrairement au premier système, il requiert une manipulation par un personnel de santé. Mais en revanche, il permet de réaliser huit diagnostics en parallèle, un gain de temps considérable.

Ce second projet, Cordial-S², implique plusieurs partenaires dans le monde. Comment vous répartissez-vous les rôles ?

Un laboratoire marseillais³ synthétise les minuscules anticorps artificiels (d'environ 4 nanomètres). Nous nous occupons de fixer ces derniers sur la surface. Une société irlandaise, Magnostics, produit de très petites billes magnétiques pour concentrer le virus dans l'échantillon : nous fixons les anticorps artificiels sur ces billes, qui peuvent ainsi collecter près d'une centaine de virus. De cette manière, en utilisant un champ magnétique, nous pouvons isoler le virus, et ainsi le concentrer. C'est important pour améliorer l'efficacité du diagnostic, notamment dans des milieux complexes comme la salive, qui contiennent de nombreuses molécules qui pourraient gêner la détection. C'est une entreprise israélienne, Photonic Sys, qui fabrique le système de détection optique. Il fait une vingtaine de centimètres de large, ce qui lui permet d'être installé dans des espaces réduits comme une ambulance. Enfin, le CHU Lille élabore les études cliniques pour évaluer le test avec des patients.

Quand pensez-vous aboutir ?

Nous visons l'obtention d'un prototype de Cordial-S d'ici à la fin 2021. C'est un investissement de long terme, nous ne créons pas ce test que pour le SARS-CoV-2 : il suffit de remplacer l'anticorps artificiel par un autre objet nanométrique (nanobody) pour détecter d'autres maladies. Nous travaillons, d'ores et déjà, sur la grippe et les nanofilaments fréquents dans les maladies neurodégénératives comme Alzheimer, dans le cadre d'une entreprise en création⁴. ■

¹ Institut d'électronique, de microélectronique et de nanotechnologie (IEMN - Univ. Lille/CNRS/Centrale Lille/Univ. polytechnique Hauts-de-France/Junia).

² Coronavirus Diagnostic via Surface Plasmon Resonance (Cordial-S)

³ Architecture et fonction des macromolécules biologiques (AFMB - Aix-Marseille Univ./CNRS)

⁴ www.eurasante.com/entreprises/cordial-it/

Cordial-IT est maturée dans deux sociétés d'accélération du transfert de technologie (Satt Nord et Sud-Est).

L'université avec ses partenaires

Graduate programmes : des formations d'excellence par et pour la recherche

Alors que notre société a toujours plus besoin d'étudiants poursuivant leurs études jusqu'au doctorat, le site lillois met en place une stratégie ciblée afin d'intégrer totalement la recherche dans leur formation et de renforcer en parallèle son excellence scientifique dans certains grands domaines stratégiques. Ces *graduate programmes* immergent étudiantes et étudiants de master dans un environnement scientifique de haut niveau, notamment grâce à un accès privilégié aux équipements et plateformes technologiques. Des opportunités de mobilités de stage et d'études à l'étranger leur sont également offertes et sont accompagnées par des bourses. Ils partagent enfin avec les doctorant·e·s des modules communs, des recherches tutorées et des écoles d'été afin de faciliter les échanges et renforcer l'attractivité des recherches doctorales.

Débouchés diversifiés et attractivité internationale

Ces formations misent également sur un accompagnement renforcé des étudiantes et étudiants vers les acteurs socio-économiques. Grâce à une interconnexion forte avec les entreprises et les collectivités locales, ils seront, par exemple, amenés à participer à des actions ciblées telles que les salons de recrutement, etc.

La majorité des cours se fait en anglais, ce qui est important pour les carrières des futurs diplômés. L'idée de ces programmes est également d'attirer les étudiantes et étudiants d'autres universités françaises ou étrangères, grâce à des bourses (d'étude ou de mobilité). Les mobilités permettront également de participer au rayonnement de l'Université de Lille et d'initier ou de renforcer des partenariats de recherche à l'international.



© Adobe stock

Consolider les forces vives en recherche à Lille autour de thématiques phares

Ces parcours de formation appuient également la stratégie scientifique de l'initiative d'excellence lilloise (I-Site) en s'adossant à ses quatre thématiques phares : « Santé de précision », « Innovation au service d'une planète en mutation », « Transition numérique au service de l'humain » et « Cultures, sociétés, pratiques en mutation ».

En 2020, des *graduate programmes* ont ouvert dans les trois premières thématiques, accueillant au total 325 étudiantes et étudiants en master. « Les trois programmes actuels fonctionnent chacun différemment, explique Nil Toulouse, qui pilote le projet lié à ces programmes, GRAEL¹. L'idée est d'expérimenter plusieurs modèles afin de pouvoir les analyser et les améliorer. » Le programme adossé à la quatrième thématique sera quant à lui lancé à la rentrée 2021.

¹ Le projet *Graduate Research And Education in Lille* (GRAEL) est lauréat de l'appel à projets national structuration de la formation par la recherche dans les initiatives d'excellence (SFRJ) et bénéficiera des fonds sous réserve que le label I-Site soit confirmé au début de l'année 2022. Ce fonds sera abondé par l'I-Site et par ses partenaires institutionnels tels que la métropole européenne de Lille et le conseil régional des Hauts-de-France.



Des vis qui se dissolvent

Diplômée du plus prestigieux établissement de recherche scientifique en Inde, l'Institut indien des sciences à Bangalore, Manisha Behera est arrivée à Lille fin 2020 pour débiter une thèse sur de nouveaux matériaux pour les prothèses. Pour traiter une fracture, le chirurgien peut en effet être amené à utiliser des plaques et des vis pour maintenir l'os pendant sa guérison. Mais les métaux habituellement utilisés – titane, inox... – posent tout un ensemble de problèmes. L'inox peut laisser échapper du nickel qui est toxique, et le titane se fixe mal sur l'os, les deux pouvant mener à des réactions allergiques. Enfin, ces métaux sont très rigides, ce qui, en soulageant l'os d'une partie des contraintes mécaniques, amène ce dernier à devenir moins dense et donc plus fragile. En outre, ils ne sont pas dégradables naturellement. « *Il faut réaliser une deuxième opération pour les enlever, explique Manisha Behera, ce qui est coûteux, souvent perturbant pour le malade, et risque d'induire des infections.* » C'est pourquoi elle travaille¹ avec son directeur de thèse, Rajashekhara Shabadi, sur de nouveaux implants utilisant du magnésium, qui se dissolvent naturellement dans le corps une fois l'os guéri.

Pour venir en France, elle a bénéficié du programme PEARL² pour financer les doctorantes et doctorants internationaux sur des sujets interdisciplinaires, pour lequel la fondation I-Site a obtenu le soutien du programme européen H2020. « *Je suis arrivée pendant le second confinement, raconte Manisha Behera. L'aide de l'équipe du programme PEARL a été extrêmement précieuse pour régler les problèmes de visa, d'assurance-maladie et trouver un logement.* »

www.pearl-phd-lille.eu

Formation continue : accompagner la transition des entreprises

Pour limiter le gaspillage des ressources et son impact environnemental, la société doit évoluer vers une économie plus circulaire. Pour les actrices-clés de cette transformation que sont les entreprises, le chantier est considérable et de plus en plus urgent, les attentes des consommateurs se faisant plus pressantes. Identifier les innovations de rupture, maîtriser les technologies émergentes pour faire évoluer leur positionnement sur leurs marchés devient donc pour elles essentiel. C'est pourquoi l'Université de Lille et ses partenaires de la fondation I-SITE ont co-construit, avec un ensemble de partenaires du monde économique, des startups aux grands groupes, une offre de formation continue professionnelle pour accompagner la transition des entreprises vers l'économie circulaire.

Ce dispositif inédit présentera à la fois un panorama de l'initiative privée (nouveaux acteurs, projets, marchés, *business models*, en donnant accès à un réseau d'entreprises et d'institutionnels partenaires), ainsi que l'état de l'art scientifique (technologies émergentes, équipements...) en insistant sur les conséquences en termes d'organisation et de management induits par la refonte des *process*.

Les premiers modules d'enseignement auront lieu dès cet été. Cette formation s'intègre dans un ensemble plus vaste, une plateforme de services et de formation sans précédent en France, qui permettra d'accompagner le milieu socio-économique dans ses multiples mutations, de manière flexible et adaptée aux besoins des entreprises, des partenaires institutionnels et des futurs professionnels.

¹ dans l'unité Matériaux et transformations (Umet - Univ. Lille/CNRS/Inrae/ENSCL) en collaboration avec l'unité Systèmes avancés de délivrance de principes actifs (ADDs - Univ. Lille/Inserm/CHU Lille) et la KU Leuven
² Programme for Early-stage Researchers in Lille

Portrait

Plus loin pour le climat

Doctorante en urbanisme, Aneth Hembert allie réflexion et engagement pour construire le monde d'après.

Elle en convient : l'intérêt pour la transition écologique l'a cueillie très tôt, quand, jeune adolescente dans le Douaisis, elle se met à décortiquer les méthodes des boulangeries pour réduire leurs déchets. L'implication dans des collectifs débute en suivant des amies aux scouts, et ne s'est depuis jamais démentie. Mais rapidement, elle en veut plus. « *L'engagement associatif, c'est très bien pour tester des choses concrètement, mais je voulais aussi prendre du recul* ». Après le bac, elle opte donc pour la sociologie, et découvre à l'Université de Lille des enseignements qui la marquent, comme l'anthropologie de l'environnement ou la sociologie de la consommation.

Pour autant, le virus associatif n'est jamais très loin. « *Adopte un poireau !* », lit la nouvelle étudiante, interloquée, sur une affiche placardée à l'université. Suit un numéro de téléphone où il est question de circuits courts. Comme elle vient justement d'aider une maraîchère des Alpes à faire fonctionner le sien pendant l'été, elle appelle. C'est le début de l'aventure de Coup d'Pousse, association qui permet aujourd'hui aux étudiantes et étudiants du campus Cité scientifique de s'approvisionner en légumes bio auprès d'un jeune agriculteur du Douaisis.

S'ensuit une vaste initiative commune des associations étudiantes lilloises impliquées dans le développement durable, « *Campus en transition* » inspirée par un mouvement lancé par le Britannique Rob Hopkins. En découlera quelques actions-phares comme l'œuvre réalisée par l'artiste Marie-Laure Bruneau à partir de déchets plastiques des restaurants universitaires, qui en souligne l'énorme

volume quotidien. Mais aussi la structuration de ce collectif, aiguillon de l'université dans la mise en place de sa démarche de développement durable. « *Aneth nous poussait toujours à aller plus loin*, raconte sa camarade Estelle Rose, à *développer un projet réellement ambitieux*. »

Entre-temps, l'étudiante a assouvi son vieux rêve de lycéenne : partir en Erasmus en Espagne, une expérience « *vraiment géniale* » qui lui permet aussi d'améliorer sa méthode de travail : « *un cursus dans une autre langue oblige à avoir une lecture beaucoup plus analytique des textes*. ». Revenue en France, elle souhaite « *se donner un périmètre* » et choisit l'urbanisme pour son master.

Pour son stage, en 1^{re} année, elle s'envole pour Hanoï. Culture, pollution, gastronomie : le dépaysement est total. Les différences avec la France s'expriment aussi plus subtilement dans le « *marketing* » des projets urbains, comme elle va le montrer dans son travail : alors que la végétation est souvent le parent pauvre en France, ajoutée à la fin après les bâtiments, c'est le contraire au Viêt Nam, en lien avec un rapport très spirituel à la nature.

En 2^e année, c'est au sein d'une équipe franco-palestinienne d'étudiantes et étudiants qu'elle explore les destins croisés de Lille et Naplouse, en Cisjordanie, à l'heure de l'économie circulaire, chacune des villes faisant face à la question du réemploi/réutilisation/recyclage de vestiges emblématiques de son histoire : l'ancienne mecca de la métallurgie qu'était l'usine de Fives-Cail dans le Nord d'un côté, et de l'autre le riche passé romain, islamique et ottoman de Naplouse, dans la perspective d'une éventuelle inscription au patrimoine mondial de l'Unesco.

« *À la fin de mes études, j'avais envie de travailler dans une ONG*. » Elle postule donc à *Zero Waste France*, qui lui propose un défi : faire de leur déménagement prochain un cas d'école du zéro déchet. « *Il fallait meubler et équiper entièrement les nouveaux locaux, y compris en appareils audiovisuels, avec du don et de l'occasion, sans rien sacrifier sur la qualité et le caractère accueillant de ce tiers-lieu qui mêle café, boutique et salle de conférence*. » Faute de filières de réemploi pour les professionnels, « *encore embryonnaires* », Aneth Hembert téléphone un peu partout, visitant chantiers et ressourceries à la recherche d'éléments réemployables, tout en mobilisant une association de réinsertion pour adapter et transformer ce qui doit l'être. Elle en ressort galvanisée par l'énergie collective qui anime l'association, au cœur d'un savant mariage de profils spécialisés qui concourent tous à « *élaborer des stratégies réellement durables* » pour préparer le monde de demain.

Mais à l'issue de cette expérience parisienne, Aneth Hembert veut reprendre le temps de lire et de comprendre : elle s'inscrit en thèse à Lille. « *L'idée pour moi, c'est de monter en compétence pour me positionner en professionnelle des questions climatiques*. ». Son sujet aborde de front la transition climatique, dont bien des enjeux se situent au niveau local. Il s'agit de comprendre comment les actions des collectivités s'articulent à différentes échelles, à travers leurs documents de planification. Au stade des entretiens exploratoires, elle prépare « *ses terrains* », sans pour autant mettre complètement en sommeil ses engagements – « *il y a toujours un projet ou deux qui se glissent dans les interstices !* ». ■



Si!
société & innovation
à l'Université de Lille

Éditeur :
Université de Lille,
42 rue Paul Duez - 59000 Lille
www.univ-lille.fr

Directeur de la publication :
Jean-Christophe Camart

Directrices de la rédaction :
Marie Clergue & Géraldine Benjamin
en remplacement de Marie Clergue

Rédacteur en chef :
Nicolas Constans

Conception graphique
et mise en page :
Jérémy Evrard

Photographies :
Alexandre Caffiaux / Université de Lille
sauf mention contraire.
Couverture © Adobe stock

Ont collaboré à ce numéro :
Élodie Legrand

Imprimeur :
L'Artésienne,
ZI de l'Alouette BP99 - 62802 Liévin

Dépôt légal : ISSN 2677-7746
Date de parution : mars 2021
Nombre d'exemplaires : 5 000 exemplaires

Contact :
communication@univ-lille.fr

