

3^{èmes} Rencontres de la **Recherche** **en Santé** de Strasbourg

15 OCTOBRE 2026



Université
de Strasbourg



Inserm

cnrs

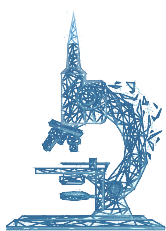
Inria



ars

BIOVALLEY
l'innovation santé

35^{ans}
POUR L'INNOVATION
ET LA RECHERCHE EN SANTÉ



3^{èmes} Rencontres de la **Recherche en Santé** de Strasbourg

15 octobre 2026 • de 13 heures à 17 h 30

ÉDITORIAUX	4
ÉTAT DES LIEUX	10
STRATÉGIE	15
PERSPECTIVES	26
ENTRETIENS	33
Rencontres avec des acteurs de la recherche	

Des rencontres pour la **recherche en santé à Strasbourg**

Strasbourg est un modèle original : un *continuum* singulier entre recherche fondamentale et recherche appliquée. Ce *continuum* est :

1. **spatial** (Strasbourg, Eurométropole, Alsace, Rhin supérieur) ;
2. **temporel** avec une longue tradition strasbourgeoise de recherche médicale ;
3. **pluridisciplinaire** avec une université et un CHU de renom ;
4. **au service de la connaissance ; et de l'innovation** avec des acteurs capables de passer du concept à l'application.

Est-on assez conscient de l'originalité de notre écosystème de recherche en santé ? Quelles en sont les forces et les faiblesses ? Quelles sont nos marges de progression ? Quelles innovations majeures vont naître dans nos laboratoires et nos services hospitaliers strasbourgeois ? Quels défis nos chercheurs, nos scientifiques et nos soignants relèvent-ils actuellement ?

Ces Rencontres, qui s'adressent aux chercheurs, aux scientifiques, aux soignants et à nos partenaires institutionnels ainsi qu'à tout public poseront sans détours ces questions.

Ces troisièmes rencontres de la Recherche en Santé poursuivent quatre objectifs :

1. **affirmer l'excellence de la recherche en santé strasbourgeoise ;**
2. **renforcer les liens entre les chercheurs strasbourgeois qui s'intéressent au biomédical et à la santé ;**
3. **renforcer la notoriété de Strasbourg pour construire ensemble un ambitieux projet d'avenir ;**
4. **faire rayonner la recherche strasbourgeoise en Europe et à l'international.**

L'objectif 2026 est de réfléchir à la stratégie de site et à faire un focus particulier sur la recherche en pharmacie.



Directeur de la publication : Pr Jean Sibilia
 Direction éditoriale : Lilla Merabet (Fondation Force)
 Conception graphique : lesideesfixes.fr
 À la Une : « Nos Nouveaux Bâtisseurs de Cathédrales », création originale pour les 1^{ères} Rencontres de la Recherche en Santé de Strasbourg, 2024.
 Achievé d'imprimer sur les presses de l'imprimerie CAR, Strasbourg, octobre 2026.

3^{èmes} Rencontres de la **Recherche** en **Santé** de Strasbourg

13 h 00 **Introduction**

- M. Samir Henni, directeur général des HUS
- M^{me} Frédérique Berrod, présidente de l'Unistra
- M^{me} Catherine Trautmann, maire de Strasbourg

13 h 30 **Stratégie de recherche de site : l'expérience lilloise**

- Pr Régis Bordet, président de l'Université de Lille
- Pr Frédéric Gottrand, vice-président Recherche CHU de Lille

14 h **Le projet stratégique strasbourgeois : état des lieux**

- Notre organisation : la Maison de la Recherche, Pr Vincent Laugel
- Nos points de développement, Pr Valérie Lamour
- Notre IHU, Pr Christian Debry
- La mission nationale C-RIB : le Contrat de site de Recherche et d'Innovation Biomédicale, Pr Jean Sibilia, Pr Franck Mouthon
- Notre plan d'action, Pr Ferhat Meziani

15 h **La Recherche en Pharmacie : de la découverte à la translation**

- Introduction : Pr^e Esther Kellenberger
- De la recherche académique aux essais cliniques : vers le premier traitement spécifique des douleurs neuropathiques, Dr Didier Rognan
- Vers de nouveaux antifongiques : une synergie strasbourgeoise entre chimie thérapeutique et mycologie médicale, Pr^e Line Bourel
- Selectivity challenges in protein conjugation, Dr Guilhem Chaubet
- Pause café
- Des sondes fluorescentes pour l'exploration du vivant, Dr Andrey Klimchenko
- Lever les verrous dans la recherche académique en santé : une plateforme pour accélérer la découverte des candidats médicaments, Dr Pascal Villa
- Les médicaments des thérapies innovantes : enjeux et défis de leur implémentation clinique, Dr Bénédicte Gourieux et Guillaume Becker

17 h **Débat et Conclusion**

- Pr^e Anne Charloux, doyenne de la Faculté de médecine maïeutique et sciences de la santé
- Pr Rémi Barillon, vice-président Recherche Université de Strasbourg
- Pr Emmanuel Andrès, PCME HUS

PRATIQUE. Les rencontres ont lieu le **jeudi 15 octobre 2026**, de 13 heures à 17 h 30, auditorium de la BNU, 6 place de la République, Strasbourg. Entrée libre, dans la limite des places disponibles.

bnu
strasbourg



Catherine Trautmann maire de Strasbourg

Faire de la recherche une force pour la santé de toutes et tous

Strasbourg dispose d'atouts exceptionnels en matière de santé et de recherche : les Hôpitaux universitaires, l'Université, des laboratoires et des équipes de recherche reconnus, mais aussi des entreprises et des acteurs de l'innovation. À cela s'ajoute notre dimension européenne, qui fait de Strasbourg un territoire naturellement ouvert aux coopérations.

Notre responsabilité est de nous appuyer sur ces forces et de mieux les mettre en réseau. NextMed en est une traduction très concrète :

sur plus de 30 hectares, médecins, chercheurs, entrepreneurs et patients sont réunis pour développer de nouvelles solutions de santé et améliorer la prise en charge des patients, notamment grâce au numérique et à l'intelligence artificielle.

Faciliter le passage de la recherche au soin dans notre territoire

C'est ainsi que la recherche biomédicale prend tout son sens lorsqu'une découverte peut devenir un

diagnostic plus précoce, un nouveau traitement ou une meilleure prise en charge. Notre ambition doit être de faciliter ce passage de la recherche au soin et de permettre aux habitantes et aux habitants de bénéficier des innovations développées sur notre territoire.

Mais prendre soin ne commence pas à l'hôpital. La santé se joue aussi dans nos quartiers, dans nos logements, dans notre alimentation, dans nos déplacements, dans notre environnement ou dans notre accès à l'activité physique. C'est à cette échelle que la Ville et l'Eurométropole peuvent agir directement, par leurs politiques publiques, pour développer la prévention et lutter contre les inégalités de santé.

La recherche doit pouvoir être expliquée, discutée et partagée

Notre responsabilité est également de créer davantage de liens entre ceux qui cherchent, ceux qui soignent et ceux pour qui ils le font. Associer les patients et les habitants est essentiel. La recherche ne doit pas être un sujet réservé aux experts : elle doit pouvoir être expliquée, discutée et partagée. C'est aussi ce que permettent les Rencontres de la Recherche en Santé en réunissant chercheurs, soignants, institutions et acteurs du territoire.

Strasbourg a donc toutes les ressources pour être un territoire européen de référence en matière de recherche et d'innovation en santé. Mais cette excellence n'est pas une fin en soi. Elle doit nous permettre de mieux prévenir, de mieux soigner et de réduire les inégalités de santé. C'est à cette condition que l'innovation devient un progrès réellement partagé. •



Catherine Trautmann
est maire de Strasbourg
et présidente de
l'Eurométropole.

Samir Henni directeur général des HUS

Le patient comme boussole, le besoin clinique comme point de départ et la rapidité comme exigence

Quelle place souhaitez-vous donner aux patients dans la construction des priorités de recherche en santé ?

Le patient doit être la boussole de notre stratégie de recherche en santé.

Cette conviction nous amène avant tout à nous interroger sur notre capacité à réduire les délais de développement et de mise en œuvre des projets de recherche. Derrière chaque mois gagné, il y a des patients qui peuvent accéder plus rapidement à une nouvelle molécule, à une technologie innovante ou à une stratégie thérapeutique plus efficace. Accélérer la recherche, c'est offrir plus tôt une chance supplémentaire d'améliorer l'espérance de vie, mais aussi et surtout la qualité de vie.

La France a longtemps souffert d'un environnement juridique et réglementaire complexe, qui a parfois freiné sa compétitivité. Mais il est important de souligner les progrès réalisés ces derniers mois. Les délais d'évaluation des projets par les autorités compétentes, notamment l'ANSM et les Comités de protection des personnes, diminuent de façon visible. Le dispositif de fast-track récemment mis en place par l'ANSM constitue à cet égard une avancée particulièrement encourageante.

Les HUS en ont bénéficié récemment dans le cadre d'un essai clinique en oncologie pédiatrique. Grâce à cet accompagnement accéléré, des enfants atteints de tumeurs osseuses solides en rechute pourront accéder dès 2026 à une nouvelle stratégie thérapeutique. Cette dynamique renforce la compétitivité de la France et son attractivité vis-à-vis des partenaires industriels. Mais au-delà de la compétition entre les territoires, notre véritable performance se mesure à notre capacité à faire parvenir l'innovation thérapeutique jusqu'au patient dans les meilleurs délais.



Samir Henni est directeur général des Hôpitaux universitaires de Strasbourg (HUS).

Comment un CHU peut-il favoriser le passage d'une idée scientifique à une innovation utile au lit du malade ?

Je partirais d'un principe simple : une innovation n'a de valeur que si elle répond à un besoin réel.

C'est pourquoi je crois profondément à une recherche qui naît du terrain, de l'observation des professionnels de santé et, avant tout, de l'expérience des patients. Une prise en charge qui reste insuffisante, une maladie pour laquelle nous ne disposons pas de traitement efficace, une errance diagnostique ou thérapeutique : ce sont souvent ces situations qui font émerger les questions les plus pertinentes.

Les innovations les plus utiles naissent de ces besoins non couverts. Le rôle d'un CHU est précisément de faire le lien entre la réalité clinique et les capacités de la re-

cherche. Il s'agit de transformer un besoin identifié au chevet du patient en question scientifique, puis en projet de recherche, en preuve de concept et, lorsque cela est possible, en innovation concrète.

Cette transformation ne peut se faire qu'à travers un écosystème solide. Les collaborations avec les équipes du CNRS, de l'Inserm et de l'Université sont essentielles pour apporter des réponses aux problématiques rencontrées à l'hôpital. Nous consacrons beaucoup de temps à croiser nos expertises, à identifier nos compétences respectives et à structurer nos partenariats afin d'être prêts à répondre rapidement lorsqu'un besoin émerge.

Notre ambition n'est donc pas de chercher à tout prix une application clinique à chaque découverte scientifique. Elle consiste plutôt à partir des besoins des patients

pour faire émerger les découvertes qui transformeront réellement leur prise en charge.

À quels signes concrets pourra-t-on reconnaître, dans cinq ans, que la stratégie de recherche en santé du site strasbourgeois a franchi une étape décisive ?

Je vois plusieurs indicateurs très concrets de cette réussite.

Le premier serait notre capacité à produire localement l'ensemble des préparations placebo essentielles aux essais cliniques ainsi que nos médicaments de thérapie innovante, non seulement pour les besoins des HUS, mais également pour ceux des établissements du Grand Est et de la région transfrontalière du Rhin supérieur.

Ce serait un véritable changement d'échelle. Strasbourg ne serait plus seulement un territoire qui conçoit et conduit des projets de recherche, mais aussi un acteur capable de produire et de développer des innovations thérapeutiques au bénéfice d'un grand territoire.

Le deuxième marqueur concernerait notre capacité collective à évaluer rapidement les projets d'innovation. Dans un écosystème mature, un porteur de projet devrait pouvoir présenter une idée et obtenir, dans un délai de six semaines, une réponse claire et structurée.

Si le projet présente un potentiel, nous devons être en mesure de lui proposer immédiatement les expertises à mobiliser, les axes

d'amélioration, une première feuille de route et les priorités thérapeutiques les plus pertinentes. L'objectif est de réduire au maximum le temps entre l'idée et la décision, puis entre la décision et l'action. En résumé : une idée, une réponse en 6 semaines et des premières réalisations concrètes en 6 mois.

Dans cinq ans, j'aimerais que l'on puisse dire qu'à Strasbourg, aucune bonne idée ne se perd plus dans les interstices entre la recherche, le soin, la réglementation, l'industrie et le financement. C'est cela, au fond, le véritable changement d'échelle : un écosystème suffisamment intégré pour transformer rapidement la connaissance scientifique en solutions concrètes au bénéfice des patients. •



« Dans cinq ans, j'aimerais que l'on puisse dire qu'à Strasbourg, aucune bonne idée ne se perd plus dans les interstices entre la recherche, le soin, la réglementation, l'industrie et le financement » *Samir Henni*

Pr Ferhat Meziani & Pr Vincent Laugel

Les HUS, moteur d'une ambition de recherche au service de la santé de demain

La recherche constitue l'un des fondements identitaires des Hôpitaux Universitaires de Strasbourg (HUS). Aux côtés des missions de soins et d'enseignement, elle représente un levier essentiel de transformation de notre système de santé et d'amélioration de la prise en charge de nos patients.

Dans un contexte mondial marqué par l'accélération des innovations scientifiques, l'émergence de nouvelles technologies, l'évolution des besoins de santé de la population et l'intensification de la concurrence, la recherche hospitalo-universitaire doit plus que jamais s'inscrire dans une dynamique collective, ambitieuse et structurée à l'échelle du site Strasbourgeois.

Les HUS se positionnent comme un véritable catalyseur territorial

Au cœur de l'écosystème Universitaire Strasbourgeois, les HUS ambitionnent d'être un lieu où se rencontrent les patients, les professionnels de santé, les enseignants-chercheurs, les chercheurs, les industriels et certains acteurs de l'innovation. Cette stratégie assumée repose sur une organisation unique permettant de faire émerger des questions de recherche directement issues des réalités des maladies soignées, de favoriser les collaborations interdisciplinaires et de garantir un continuum efficace entre découverte scientifique, validation clinique et transfert vers l'innovation en soins.

Ainsi les HUS se positionnent comme un véritable catalyseur territorial, fédérant les compétences, mobilisant les expertises et mettant à disposition des infrastructures performantes pour accompagner les équipes dans leurs projets. Cela crée les conditions d'une recherche d'excellence, capable de répondre aux grands défis de santé publique tout en renforçant l'attractivité de notre site hospitalo-universitaire. Cette ambition ne peut se construire qu'à travers une vision partagée entre l'ensemble des établisse-

ments de santé, l'université, les organismes nationaux de recherche, les collectivités territoriales et les partenaires socio-économiques. La politique de recherche du site hospitalo-universitaire s'appuiera sur une gouvernance cohérente, des priorités scientifiques clairement identifiées et une volonté constante de favoriser les synergies entre les acteurs.

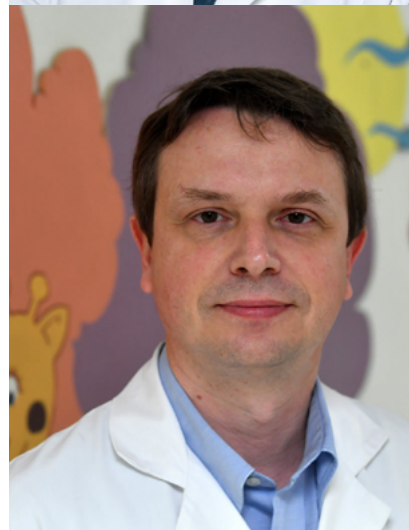
Structurer les filières d'excellence et soutenir l'émergence de nouvelles thématiques

Par vocation, les HUS continueront à être un pivot de cette dynamique collective. Par sa capacité à structurer les filières d'excellence, à soutenir l'émergence de nouvelles thématiques, à développer la recherche clinique et translationnelle, mais également à promouvoir l'innovation organisationnelle et numérique, il contribue pleinement au rayonnement académique et scientifique du territoire.

Nous sommes ainsi, heureux de pouvoir mettre en lumière dans le cadre de ces troisièmes journées de la recherche en santé, le rôle clé de la pharmacie des HUS dans la mise en œuvre des essais cliniques avec un haut niveau de qualité et de réactivité. Il s'agit d'un facteur essentiel d'attractivité vis-à-vis de nos partenaires industriels et académiques, qui joue également un rôle dans l'essor des thérapies innovantes, en accompagnant leur développement et leur accès aux patients dans un environnement hospitalier expert. Intégrée à la Maison de la Recherche des HUS, cette structure support contribue ainsi à rapprocher recherche, innovation, industrie et soins.

La recherche constitue un engagement au service des patients, de la qualité des soins et du progrès médical

La recherche hospitalo-universitaire constitue un engagement au service des patients, de la qualité des soins et du progrès médical. En affirmant pleinement le rôle central des HUS dans la stratégie de



Le Pr. Ferhat Meziani est vice-président Recherche du Directoire des HUS. Le Pr. Vincent Laugel est directeur médical de la DRCI des HUS.

recherche du site hospitalo-universitaire, nous réaffirmons notre volonté collective de construire une médecine plus innovante, plus prédictive, plus personnalisée et plus humaine. C'est ensemble, en fédérant toutes les forces vives de notre territoire, que nous ferons de notre site hospitalo-universitaire un espace d'excellence scientifique reconnu, capable de relever les défis de la santé d'aujourd'hui et d'anticiper ceux de demain. •

Jean Sibilia vice-président « Santé et territoire », Unistra

Pour une nouvelle dynamique de la recherche en santé : engager une politique de site collective et ambitieuse

Il est urgent de réagir au déclin de la recherche française. Nous affrontons une période particulièrement difficile, sans précédent, depuis 2003 qui avait vu émerger le collectif « Sauvons la Recherche ». Ce mouvement spontané et massif avait déjà alerté sur la dégradation de la recherche française dont le soutien financier était loin des 3 % du PIB souhaités par l'Europe (Stratégie de Lisbonne, 2009, et de l'UE, 2021). Aujourd'hui, dans notre pays, nous stagnons autour de 2,2 % de notre PIB avec 61,5 milliards d'euros de dépenses de recherche réparties entre les administrations publiques (34 %) et les entreprises privées (66 %) (données du ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Espace).

Pendant ce temps, nos proches partenaires comme l'Allemagne (3,5 % du PIB), la Belgique (3,3 % du PIB) et l'Angleterre (2,9 % du PIB) progressent.

Force est de constater que la recherche n'est pas une priorité des politiques publiques dans notre pays comme l'atteste sa « quasi absence » dans le débat politique présidentiel actuel. Ce manque de considération est alarmant, et cela malgré de nombreuses alertes qui se succèdent depuis plus de deux décennies.

Réagir au déclin

Il faut réagir au déclin de la recherche française ! Le récent rapport de l'OST (Observatoire des Sciences et Technologies, juillet 2026) décrit une nette détérioration de la puissance scientifique française avec une « part d'audience » mesurée à 2,7 %, soit une baisse de 37,2 % sur les deux dernières décennies.

Ce décrochage, qui est le plus net avec celui du Japon, place maintenant la France à la 10^e place mondiale alors qu'elle était 5^e en 2005. Si l'on s'intéresse à la production scientifique, même si elle



Jean Sibilia est doyen honoraire de la Faculté de médecine maïeutique et sciences de la santé.

a progressé, sa part mondiale est passée de 4 % à 1,9 % en vingt ans, en particulier en sciences du vivant. Si l'hégémonie de grands pays comme les USA et la Chine n'est plus contestable, le fait d'être rattrapé et dépassé par des pays comme l'Autriche, l'Espagne, le Canada, la Belgique, l'Italie ou les Pays-Bas pose question. La plus grande efficacité, en particulier des pays européens, interroge car ces pays n'ont souvent pas la même histoire ni la même culture de la recherche ni les mêmes moyens que nous... et pourtant leurs performances s'améliorent !

De nombreux rapports (cour des Comptes, France Université, académies) alertent et analysent ce décrochage qui est aussi flagrant pour notre recherche en santé. De nombreux facteurs sont déterminants comme un engagement insuffisant de l'État qui n'affiche pas la santé comme un domaine de recherche prioritaire, un sous-financement public et privé, mais aussi la complexité d'un système marqué par une multiplicité d'agences et de structures qui fourbissent un empilement réglementaire qui limite l'agilité et même la créativité. Tout cela décourage progressivement les chercheurs et

enseignants-chercheurs avec une perte d'attractivité significative des missions de recherche dans un contexte d'évolution sociétale de la relation au travail qui impacte aussi les métiers de la recherche.

Mobilisons-nous !

Malgré des efforts prévus par la Loi de programmation de la recherche (2020) et par les investissements successifs dont France 2030, notre recherche en santé se dégrade, malgré beaucoup d'énergie et de bonne volonté dans nos institutions (Universités, CHU, CLCC).

Même si l'avenir de la recherche est incertain dans cette période troublée, il faut essayer de réagir, de résister (Stéphane Hessel). Mobilisons-nous !

Avec Antoine Magnan, nous nous sommes engagés dans une mission nationale qui a pour objectif de faire des propositions pour dynamiser la recherche biomédicale française. Nous avons travaillé à proposer des outils et des moyens pour animer une politique de site hospitalo-universitaire ambitieuse portée par un contrat (C-RIB ou contrat de recherche et d'innovation biomédicale). Nous espérons que ce rapport pourra créer un véritable électrochoc pour une stratégie plus collective et plus performante répondant aux grands enjeux de la recherche en santé. Pour cela, il faut dynamiser l'individualisme qui mine notre système dans un élan collectif qui fait briller notre créativité. La recherche en santé, du fondamental à l'appliqué, est une approche singulière qui combine sérendipité et innovations concrètes. Il faut chérir cette recherche qui donne un sens au mot Progrès.

Pour une action combinée de l'État et des acteurs de site

La réponse peut venir d'une action combinée et concrète de l'État et des acteurs de site :

1. Il faut un engagement beaucoup plus déterminé de l'État qui doit faire de la recherche en santé une priorité nationale avec un plan stratégique qui dégager des priorités bien définies. Il n'est plus possible de s'engager dans toutes les voies de la recherche, si nombreuses. En conséquence, il faut que l'État « stratégie » identifie de grands domaines puis contribue, sans saupoudrer, à leur financement. Il en va du rayonnement scientifique de la France, ce qui pourrait être un « soft power » extraordinaire mais aussi un garant majeur de notre souveraineté.

2. Cette stratégie nationale bien structurée, sans empiler de nouvelles agences et/ou structures, doit se combiner à une stratégie de site qui donne l'initiative aux acteurs de terrain. Dans nos territoires, les acteurs académiques publics et privés sont capables de s'entendre pour mettre en œuvre une stratégie commune en phase avec la vision de l'état. Il ne s'agit pas de « tout faire partout » mais de créer des écosystèmes de recherche performants qui seront un facteur d'attractivité déterminant pour les chercheurs de « tout bord » et les industriels. Avec l'appui déterminé de nos collectivités, nous pourrions réussir ce pari que fait le projet strasbourgeois Next-Med qui est incroyablement préfigurateur de ce que doit être un « campus de recherche en santé ».

Un contrat de site partagé

Reste maintenant à rassembler, motiver et dynamiser. Pour cela, il faut un contrat de site (C-RIB), véritable schéma directeur que doivent porter ensemble l'université, le CHU et bien sûr nos organismes nationaux de recherche (Inserm, CNRS, Inria...). Cela va demander une détermination et une confiance mutuelle qui sont des ingrédients fondamentaux. Ce contrat ne doit pas être un « entre-soi d'académiques », mais il doit avoir une dimension territoriale, associant les entreprises, les collectivités et les citoyens avec une vision d'innovation sociétale. L'enjeu est immense ! Nous avons les cartes en main, surtout à Strasbourg, pour réussir et faire aboutir cette nouvelle dynamique de recherche en santé dont notre territoire et notre société ont tant besoin. •

Les 10 points forts pour dynamiser la recherche en santé

- 1 Donner une **nouvelle attractivité** aux métiers de la recherche en développant nos capacités à former et à recruter les chercheurs, enseignants-chercheurs HU et soignants-chercheurs de demain qui seront le cœur de la recherche biomédicale.
- 2 Faire émerger des **projets collectifs** à fort impact scientifique et sociétal par des approches multi - interdisciplinaires que permet l'écosystème universitaire.
- 3 Développer de nouvelles approches préventives et prédictives intégrant une vision « **One Health** » de la santé environnementale.
- 4 Développer l'axe **Thérapies innovantes et biotechnologies** (Médicaments de Thérapie Innovante – MTI, thérapies cellulaires, robotique interventionnelle...) avec un souci de souveraineté scientifique, économique et éthique.
- 5 Renforcer les **nouvelles sciences de la donnée** par une véritable stratégie de la donnée multimodale/multiomique couplée à des échantillons (cohortes hybrides) exploitée par une IA interprétable et contrôlable dans un environnement de confiance.
- 6 Disposer de conditions de travail et d'infrastructures de recherche compétitives pour une **recherche plus performante**.
- 7 Développer des **solutions de prise en charge** (parcours patient) intégrant des concepts et des outils nouveaux pour affronter l'épidémie massive des maladies chroniques.
- 8 Favoriser une **recherche participative** en soins primaires et paramédicaux intégrant une approche SHS (Sciences humaines et sociales) avec une participation des patients « by Design », c'est-à-dire dès la construction du projet de recherche.
- 9 Affirmer une **culture de la recherche partenariale** (public-public/public-privé) éthique et intègre affirmant la responsabilité sociétale des institutions HU
- 10 Renforcer la position de la recherche française dans les **réseaux internationaux** (en particulier européens).

La nouvelle politique de site hospitalo-universitaire doit être une organisation de référence centrée sur un projet scientifique, avec une gouvernance efficace en privilégiant, dans toutes ses dimensions, les dimensions collectives. Ce principe organisationnel, validé par un C-RIB, identifie des axes stratégiques en phase avec une vision nationale qui permet de construire une recherche biomédicale d'excellence plus efficiente et plus attractive. Cette organisation doit permettre d'orienter les aides publiques et privées vers de grandes priorités moins nombreuses mais plus affirmées, adossées à des financements et à une organisation plus performants.

La coordination du site hospitalo-universitaire strasbourgeois : principes généraux

La coordination du site strasbourgeois associe le pôle santé universitaire (Unistra), les Hôpitaux Universitaires de Strasbourg (HUS) et les autres acteurs de la santé (IHU, CLCC, CH...). Cette stratégie doit également intégrer l'ensemble des partenaires pluridisciplinaires du site universitaire (santé, sciences dures et sciences humaines et sociales).

La stratégie va se décliner par un plan d'action répondant aux exigences du projet Recherche – Innovation des HUS, du projet « Territoire universitaire de

santé pour tous » développé avec les collectivités dans le cadre des CLS (Contrats Locaux de Santé) et les PRS (Plans Régionaux de Santé) de l'ARS, de la Région Grand Est et de la CeA (Collectivité européenne d'Alsace). Cette stratégie va se construire avec le soutien du pôle de compétitivité (Biovalley France) et du pôle universitaire d'innovation Alsace (PUI-A).

Pour ce faire, il faut rappeler un adage majeur « Il n'y a pas de soins de qualité sans formation et sans recherche/innovation de qualité ». Une stratégie de recherche performante a donc un impact sociétal et populationnel de premier ordre.

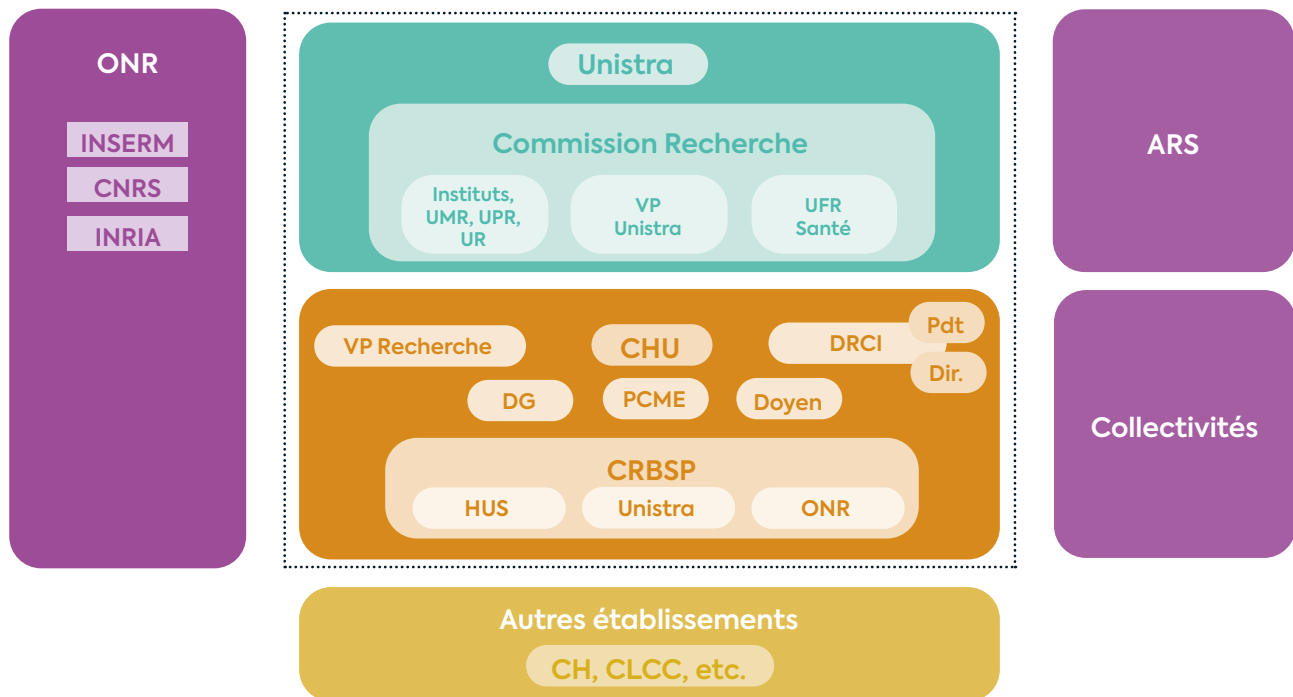
Les forces strasbourgeoises de la recherche en santé (biologie et santé)

1. Des instituts universitaires avec un rayonnement international
2. Des équipes et des infrastructures de qualité
3. Des hôpitaux universitaires engagés avec une dynamique collective, ambitieuse et structurée au service de la recherche et de l'innovation en santé
4. Une culture universitaire de la pluridisciplinarité
5. De jeunes chercheurs motivés bénéficiant d'une formation à la recherche (MD-PhD) de qualité
6. Des start-up en santé particulièrement créatives
7. Le campus NextMed qui structure le site strasbourgeois
8. Des projets de référence (FHU, RHU, IHU, ANR, ERC...)
9. Les collectivités locales, partenaires mobilisés
10. Une synergie Unistra/HUS/ONR qui se renforce
11. Une position transfrontalière dynamisante
12. La conscience d'une responsabilité sociétale universitaire portant une approche éthique et déontologique de la recherche

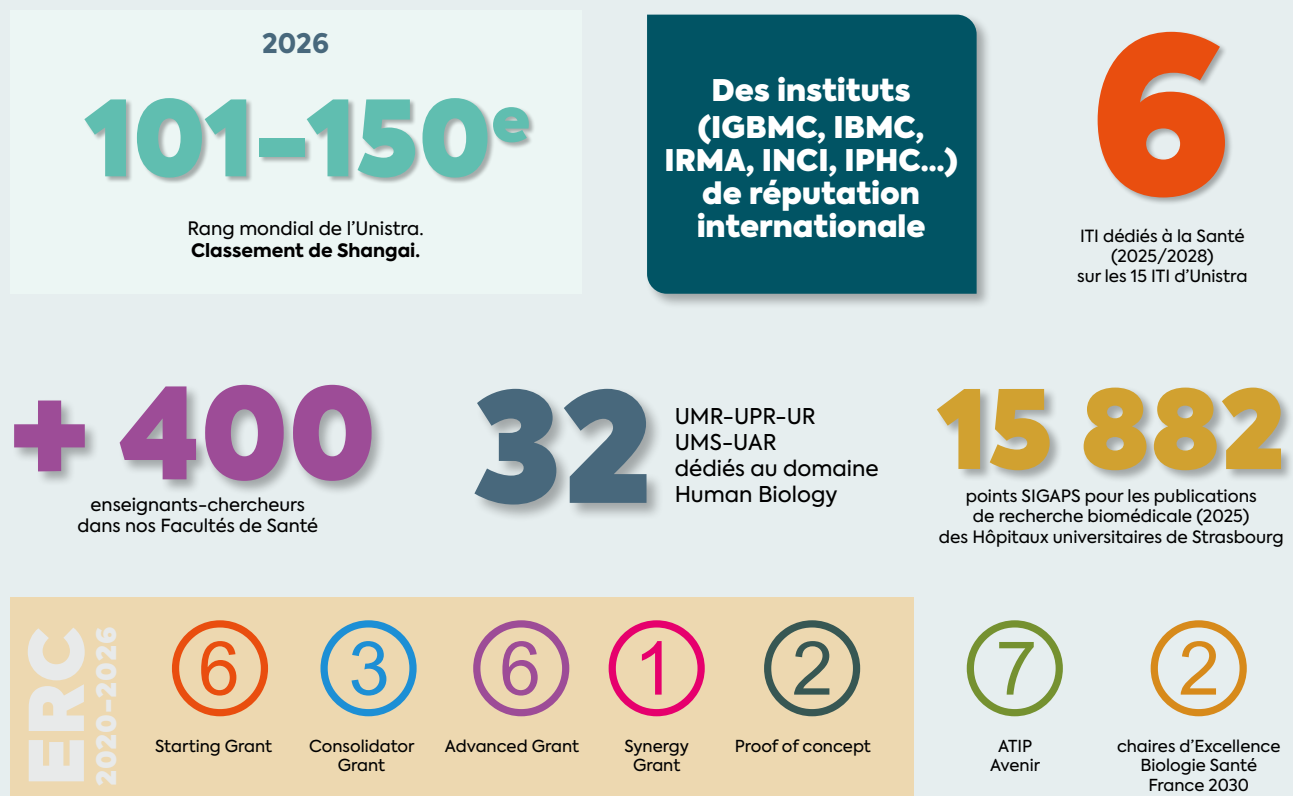
Les défis strasbourgeois de la recherche en santé

1. Une coordination insuffisante avec une gouvernance qui doit être améliorée
2. Une synergie entre recherche translationnelle et recherche appliquée (clinique) qui doit être très significativement développée
3. Des structures « support » à créer en particulier pour améliorer la coordination et le quotidien des chercheurs
4. Des plateformes/infrastructures à renouveler et un Biobanking à développer
5. Des zones de turbulences pour des structures (instituts) qu'il faut stabiliser
6. Un déficit majeur d'attractivité pour les carrières universitaires et hospitalo-universitaires dans une période de pyramide des âges défavorable
7. Une stratégie de recherche sur les données de santé insuffisamment développée à renforcer significativement
8. Des collaborations de recherche avec les industriels qui doivent être renforcées avec un souci de déontologie et d'éthique exemplaire
9. Des projets européens trop peu nombreux
10. Une collaboration avec les collectivités et les fondations qui doit se traduire par un soutien encore plus conséquent
11. Une stratégie recherche – innovation à développer avec l'ARS
12. Une stratégie « One Health » qui doit se mettre en place avec tous les acteurs du territoire

La gouvernance de la recherche en santé : soutenir, collaborer, développer



Chiffres de la recherche en santé à Strasbourg



Les ERC strasbourgeois 2020-2026

Starting Grant

Michalina Gora
(ERC 2020, Icube, Unistra/CNRS)

Alessandro Aliprandi
(ERC 2020, ISIS, Unistra/CNRS)

Alexandre Detappe
(ERC 2020, Institut Paul-Strauss)

Antoine Valera
(ERC 2021, INCI, CNRS)

Clément Charenton
(ERC 2022, IGBMC, Unistra/CNRS/
Inserm)

Minchul Kim
(ERC 2021 et 2022, IGBMC, Unistra/
CNRS/Inserm)

Advanced Grant

Thomas Baumert
(ERC 2020, ITM, Unistra/Inserm)

Seiamak Bahram
(ERC 2023, IRM, Unistra/Inserm)

Jean-Luc Imler
(ERC 2023, IBMC, Unistra/CNRS)

Yotis Senis
(ERC 2023, BPPS, Unistra/EFS/
Inserm)

Joseph Schacherer
(ERC 2024, IGBMC, Unistra/CNRS/
Inserm)

Andrey Klymchenko
(ERC 2024, LBP, Unistra/CNRS)

Proof of concept

Thomas Baumert
(ERC 2022 et 2025, ITM, Unistra/
Inserm)

Alexandre Detappe
(ERC 2023, Institut Paul-Strauss)

Consolidator Grant

Juliette Godin
(ERC 2022, IGBMC)

Nicolas Padoy
(ERC 2023, IHU, ICube, Médecine)

Guilhem Chaubet
(ERC 2025, CBST, Unistra/CNRS)

Les centres de référence maladies rares (CRMR)

Centre de référence des anomalies du développement et syndromes malformatifs de l'Est

Responsable : Elise Schaefer

Centre de référence des maladies génétiques rares du système nerveux

Responsable : Mathieu Anheim

Centre de référence des épilepsies rares

Responsable : Anne de Saint-Martin

Centre de référence des déficiences intellectuelles de causes rares

Responsable : Salima El Chehadeh

Centre de référence des maladies rares à expression psychiatrique

Responsable : Carmen Schroder

Centre de référence des maladies auto-immunes et auto-inflammatoires systémiques rares de l'adulte Est et Sud-Ouest

Responsable : Thierry Martin

Centre de référence des maladies neuromusculaires Nord/Est/Ile-de-France

Responsable : Aleksandra Nadaj-Pakleza

Centre de référence des maladies mitochondriales de l'enfant à l'adulte – CARAMMEL

Responsable : Marie-Thérèse Abi-Warde

Centre de référence des affections rares en génétique ophtalmologique

Responsable : Hélène Dollfus

Centre de référence des maladies rares orales et dentaires

Responsable : Agnès Bloch-Zupan

À PROPOS DES CRMR

La diminution de l'errance diagnostique dans les maladies rares est une priorité nationale. Pour cela, les centres de référence multi-sites (CRMR) couvrent l'ensemble du territoire national. Ils sont composés de centres de référence et de centres de compétence, qui assurent la prise en charge et organisent le parcours de santé des personnes atteintes de maladies rares. **10 CRMR sont homologués à Strasbourg.**



L'Institut hospitalo-universitaire (IHU)

L'IHU Strasbourg est l'Institut Hospitalo-Universitaire dédié à la chirurgie d'avenir, mini-invasive, guidée par l'image et augmentée par les technologies numériques et la robotique.

La vision est d'établir les nouveaux standards pour une prise en charge personnalisée des patients, en intégrant les actes opératoires dans des parcours innovants qui réduisent le risque de complications et améliorent la qualité de vie. La mission est d'accélérer le transfert des innovations vers les patients, par l'intégration systématique du

soin, de la recherche, de la formation et de la valorisation.

L'ambition est de garantir un impact positif pour les patients et leur famille, les équipes de soins ainsi que pour le système de santé et d'être un contributeur majeur pour le développement de la filière industrielle française des technologies médicales.

Le nouveau projet d'IHU va développer différentes approches intégrant l'IA grâce à l'équipe de Nicolas Padoy qui est un des piliers du Cluster national IA ENACT

(Nancy – Strasbourg). L'évolution de la chirurgie va intégrer aussi de nouveaux concepts comme ceux de la bio-chirurgie réparatrice qui repose sur l'utilisation de biomatériaux développés dans les unités UMR Inserm strasbourgeoises.

Ce projet ambitieux est le seul en France consacré à la chirurgie et l'interventionnel de demain.

Il est très fortement soutenu par nos institutions et nos collectivités.

Directeur : Pr Christian Debry.

Les FHU – Fédérations Hospitalo-Universitaires (HUS/Unistra/Inserm)

DATA-SURGE (2025)

Directeur : Pr Eric Noll.

Data-Sciences et e-health for Perioperative Medicine

Le projet de FHU DATA-SURGE entend exploiter les dernières avancées numériques en santé, telles que les dossiers patients électroniques et les systèmes de monitoring connectés, pour améliorer les soins périopératoires. En appliquant des techniques de sciences des données à de vastes jeux de données périopératoires, le projet entend personnaliser la surveillance, améliorer le vécu patient, prédire les complications, optimiser les procédures interventionnelles et améliorer la rentabilité du système de soins.

La FHU combine l'expertise des cliniciens, des statisticiens, des professionnels de la sécurité des données et des représentants des patients pour atteindre ces objectifs. À titre d'exemple, des travaux concernant l'utilisation de la qualité de soins ressentie par les patients (PROMS) via le programme OPTIMISE_IT, et la mise en œuvre de techniques avancées d'analyse et de gestion des données, notamment génomiques et d'imagerie. La FHU DATA-SURGE met l'accent sur la collaboration entre

cliniciens, statisticiens et chercheurs en apprentissage automatique pour maximiser le potentiel des données de santé. Le projet s'aligne également sur des initiatives d'enseignement, intégrant l'informatique de la santé dans les programmes de formation et favorisant les collaborations interdisciplinaires.

Dans l'ensemble, la FHU DATA-SURGE ambitionne de révolutionner les soins de santé périopératoires en combinant l'expertise clinique à la pointe de la science des données, positionnant les HUS et l'UNISTRA comme des leaders dans la gestion et l'analyse des données de santé.

TARGET (2025)

Directrice : Pr Julie HELMS

Contrôle de la réponse inflammatoire aiguë inadaptée

La FHU TARGET a pour objectif de décrypter et de contrôler la réponse inflammatoire aiguë, processus clé du sepsis, de l'anaphylaxie et du rejet de greffe, qui contribue à une morbi-mortalité élevée et à des coûts de santé importants. Ces pathologies partagent des mécanismes thrombo-inflammatoires, impliquant l'endothélium, l'épithélium et des

complexes tels que microvésicules et NETs, dont la compréhension reste partielle.

Le projet repose sur un consortium multidisciplinaire et s'appuie sur des cohortes longitudinales adultes et pédiatriques, des modèles précliniques innovants, des plateformes de biologie et d'imagerie de pointe, ainsi que sur l'intelligence artificielle et l'expertise des cliniciens des CHU. Huit work packages structurent le programme, allant de la caractérisation des données et des systèmes physiopathologiques à l'exploration de modèles innovants, leur validation préclinique et clinique via des essais adaptés, le développement de tests diagnostiques rapides, l'intégration de filières patients et la formation interdisciplinaire.

En combinant recherche fondamentale, translationnelle et clinique, la FHU TARGET a pour ambition de créer un pôle d'excellence en immuno-inflammation et transplantation, intégrant soins, recherche et enseignement. Le projet vise à valoriser l'innovation, renforcer l'attractivité académique et clinique du site, et favoriser l'émergence d'une nouvelle génération d'hospitalo-universitaires.

Les RHU – Recherche Hospitalo-Universitaire

DELIVER

Directeur : Pr Thomas Baumert
HUS/Unistra/Inserm

Lauréat du prestigieux appel ANR Recherche Hospitalo-Universitaire en santé (RHU-5) (2021-2027), DELIVER est un programme de R&D public-privé de pointe qui combine des modèles dérivés de patients, et intègre les dernières technologies d'imagerie associées à l'IA. Ce projet intègre aussi de grandes cohortes prospectives de patients inclus dans des programmes de surveillance du carcinome hépatocellulaire (CHC), afin d'apporter des innovations thérapeutiques pour la fibrose hépatique avancée et le CHC. Ce projet ambitieux confirme l'importance et l'excellence de l'axe immunité-infection et onco-hématologie de Strasbourg. Le consortium réunit un réseau de cliniciens, de biologistes et d'informaticiens de l'UMR 1110 et de l'IHU de Strasbourg associé à des industriels du domaine.

C'IL-LICO

Directrice : Pr Hélène Dollfus
HUS/Unistra/Inserm

C'IL-LICO est un projet de recherche translationnelle de type RHU (2017 à 2024) qui s'intéresse aux ciliopathies, un vaste groupe

de maladies génétiques rares et graves causées par un dysfonctionnement ciliaire induisant un large spectre de manifestations cliniques, notamment une dégradation de la fonction rénale. Le projet visait à traiter l'hétérogénéité clinique et génétique des anomalies rénales dans les ciliopathies et à combler le manque de connaissances sur l'histoire naturelle des patients, qui limite le développement de nouvelles thérapies ciblées. Dans ce contexte, le projet C'IL-LICO visait à :

1. construire une stratification mécanistique des ciliopathies, à l'aide de l'intelligence artificielle (IA), afin de regrouper les ciliopathies suspectées et déjà diagnostiquées dans une classification orientée vers le traitement ;
2. construire des bio-kits prêts à l'emploi pour évaluer à la fois le diagnostic et le pronostic de l'évolution des altérations rénales chez les patients atteints de ciliopathie ;
3. offrir la possibilité de développer des approches thérapeutiques sur mesure de premier ordre, prêtes à entrer en phase de développement clinique.

Le consortium a réuni un réseau de cliniciens, de biologistes et d'in-

formaticiens de l'Institut Imagine, de l'INSERM, de l'APHP, du CHU de Strasbourg et de l'École Polytechnique, ainsi que d'abord Alexion, puis MEDETIA, en tant que partenaires industriels reconnus internationalement dans le domaine des maladies rares.

INNOV4EPIK

D^r Anne de Saint Martin
HUS

Le RHU Innov4ePiK, consacré aux approches diagnostiques et thérapeutiques innovantes dans les encéphalopathies épileptiques et développementales liées aux gènes potassiques selon le modèle de la médecine dite des « 4P » (prédictive, préventive, personnalisée et participative), est coordonné par l'Institut Imagine dirigé par le Pr Rima Nabbut. Le CHU de Strasbourg co-pilote le *Work Package 1 – Deep phenotyping using retrospective multi-center patient cohort*, qui vise à constituer et exploiter une cohorte rétrospective nationale (patients porteurs de mutations KCNB1, KCNT1, KCNA2) afin d'enrichir la base de données clinique et faciliter l'identification de phénotypes, d'outils de stratification et de biomarqueurs.

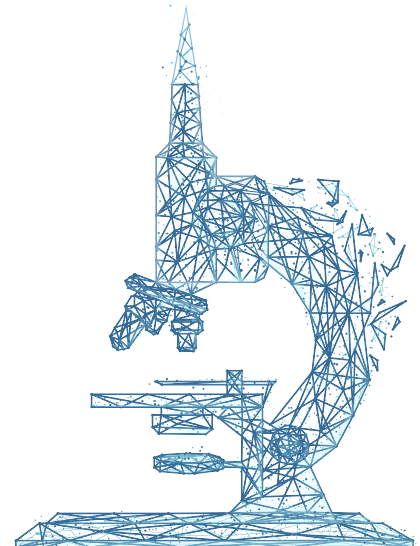
Les chaires d'excellence (France 2030)

Roméo RICCI (IGBMC)

La chaire d'excellence (ANR) du laboratoire de Roméo Ricci inaugure un changement de paradigme en immunologie. Elle révèle comment les membranes cellulaires orchestrent le dialogue entre métabolisme et inflammation. Ce concept innovant ouvre la voie à de nouvelles approches thérapeutiques contre les grandes maladies chroniques. Porté par des technologies de pointe, le projet place Strasbourg au cœur de la recherche biomédicale internationale. Cette chaire incarne l'ambition de la faculté : allier excellence scientifique et impact clinique majeur.

Albert WEIXLBAUMER (IGBMC)

La chaire d'excellence (ANR) du laboratoire d'Albert Weixlbaumer a été attribuée pour étudier la coordination entre la transcription et l'épissage de l'ARNm chez l'Homme. Ce processus d'épissage est essentiel à la diversification protéomique car plusieurs ARNm matures peuvent être produits à partir d'un seul pré-ARNm. La compréhension de ce mécanisme fondamental permettra certainement de comprendre les processus de nombreuses maladies. Ce projet emblématique illustre la force biomédicale strasbourgeoise qui générera des collaborations importantes avec le secteur santé.



2025-2030

Notre plan d'action

POUR LA RECHERCHE EN
SANTÉ STRASBOURGEOISE



2025 > 2030 : UNIS POUR LA RECHERCHE

NOTRE PLAN D'ACTION

12 actes fondateurs pour relever ensemble les défis strasbourgeois de la recherche en santé.

ACTE 1

Nous coordonner plus efficacement pour un continuum de la recherche en santé

■ **Renforcer la coordination universitaire de la recherche en santé par la collaboration de l'ensemble des acteurs du site strasbourgeois.**

L'objectif est de coordonner le continuum de la recherche en santé de « la maladie de l'Homme » au « fondamental » avec un respect de l'indépendance et de l'éthique de cette recherche, conscients de l'enrichissement mutuel de ces différentes formes de recherche permettant un espoir de sérénité. Cette politique de site, mise en place avec l'Inserm, le CNRS et l'INRIA, doit définir les orientations stratégiques (organisations, thématiques, priorités, infrastructures) selon un contrat (contrat d'objectifs et de moyens) passé avec les acteurs territoriaux. Cette démarche territoriale déterminée doit être soutenue par une politique nationale beaucoup plus engagée qu'elle ne l'est dans le domaine de la biologie et santé. C'est un objectif majeur qui va demander beaucoup d'énergie collective.

ACTE 2

Réformer notre gouvernance pour être plus efficaces

■ **Porter cette stratégie de recherche au sein de la gouvernance de l'université et du CHU.**

En l'état, cette politique de recherche est portée par :

- les Vice-présidents Recherche et Santé de l'Université ;
- les Doyens des Facultés de santé strasbourgeoises ;
- le Vice-président Recherche, le directeur général et le président de la Commission médicale d'établissement du CHU ;
- le président du CRBSP ;
- les représentants des ONR ;
- d'autres acteurs comme les CH, les URPS et certains établissements qui souhaitent s'engager dans le développement de la recherche en santé.

Les acteurs de la gouvernance doivent se retrouver dans un comité territorial alsacien de coordination de la recherche en santé qui rassemble les principaux acteurs. Cette nouvelle organisation doit permettre de simplifier et de rationaliser l'organisation de la recherche en santé en lien avec l'ensemble des compétences « recherche » nécessaires. L'objectif est d'être « au service des chercheurs » en partant d'un principe qui est de « tout faire pour les aider à réaliser leur projet ». Cette nouvelle coordination est en phase avec le projet de restructuration fonctionnelle de la DRCL qui va devenir une « Maison de la Recherche » au service des chercheurs.

Il faut aussi mener une réflexion nationale et locale pour aller vers une simplification de la gouvernance, comme cela a été évoqué dans de nombreux rapports. Cette évolution doit permettre de consolider le modèle de CRBSP (Comité de la Recherche en matière Biomédicale et de Santé Publique) en le faisant évoluer vers une structure de gouvernance partenariale territoriale qui permette une meilleure synergie entre les acteurs de la recherche en santé en déterminant « le rôle de chacun ». L'objectif est de « mettre autour de la table » les représentants des acteurs de la recherche en santé avec l'objectif prioritaire de tout faire pour avoir plus d'agilité et d'efficacité.

■ Définir des principes qui vont permettre de mettre en œuvre le plan d'action.

Pour une mise en œuvre pragmatique de la stratégie, il y a 8 prérequis élémentaires :

1. Définir des axes thématiques et transversaux prioritaires.
2. Développer les capacités de coopération pluridisciplinaires.
3. Renforcer nos masses critiques d'enseignants-chercheurs et chercheurs par une stratégie d'attractivité qualitative déterminée et adaptée.
4. Renforcer nos plateformes technologiques et infrastructures de recherche pour faciliter l'accès à des outils à la hauteur des besoins et des engagements de nos chercheurs.
5. Renforcer nos capacités de collectes de données de biobanking et de transfert d'échantillons (MTA).
6. Renforcer l'accompagnement des porteurs de projets pour le développement de la recherche translationnelle impliquant la personne humaine en organisant/facilitant l'accès aux données et aux prélèvements (entrepôts de données de santé [EDS], biobanques) et en simplifiant les procédures réglementaires incluant les aspects « propriété des données ». Cette restructuration des missions au sein d'une « Maison de la Recherche » doit permettre, avec des moyens dédiés, de renforcer considérablement la recherche biomédicale aussi bien dans sa dimension recherche « translationnelle » que dans sa dimension « clinique ».
7. Communiquer activement sur ces réorganisations afin que chaque enseignant-chercheur HU créatif porteur d'une idée projet puisse trouver rapidement « son chemin » pour mettre en œuvre son projet.
8. Être capable de mettre en œuvre un « parcours projet » qui mène de « l'idée créatrice » à « l'innovation » puis au « produit » (Med et Bio-Tech) qui sera accessible (au plus grand nombre) pour améliorer (voire transformer) la santé et le bien-être de nos populations. Pour cela, il faut une chaîne de compétences, notamment entrepreneuriales qui permette, avec l'aide « d'incubateurs », la maturation et l'épanouissement des initiatives de recherche académiques et privées.

ACTE 3

Définir les principes de la mise en œuvre de notre plan d'action

■ Définir des axes de recherche thématiques et transversaux prioritaires.

La structuration de ces axes de recherche est un objectif majeur. Leur identification est issue d'un travail de cartographie préalable qui a permis d'identifier nos domaines d'expertise les plus compétitifs. Il faut assumer ensemble l'adage suivant « Il n'est pas possible de tout bien faire dans tous les domaines ». Il faut donc faire des choix concertés et raisonnés. Dans notre écosystème universitaire et hospitalo-universitaire, quatre grands domaines thématiques ont été identifiés. Ils vont permettre des synergies fortes entre les différentes formes de recherche.

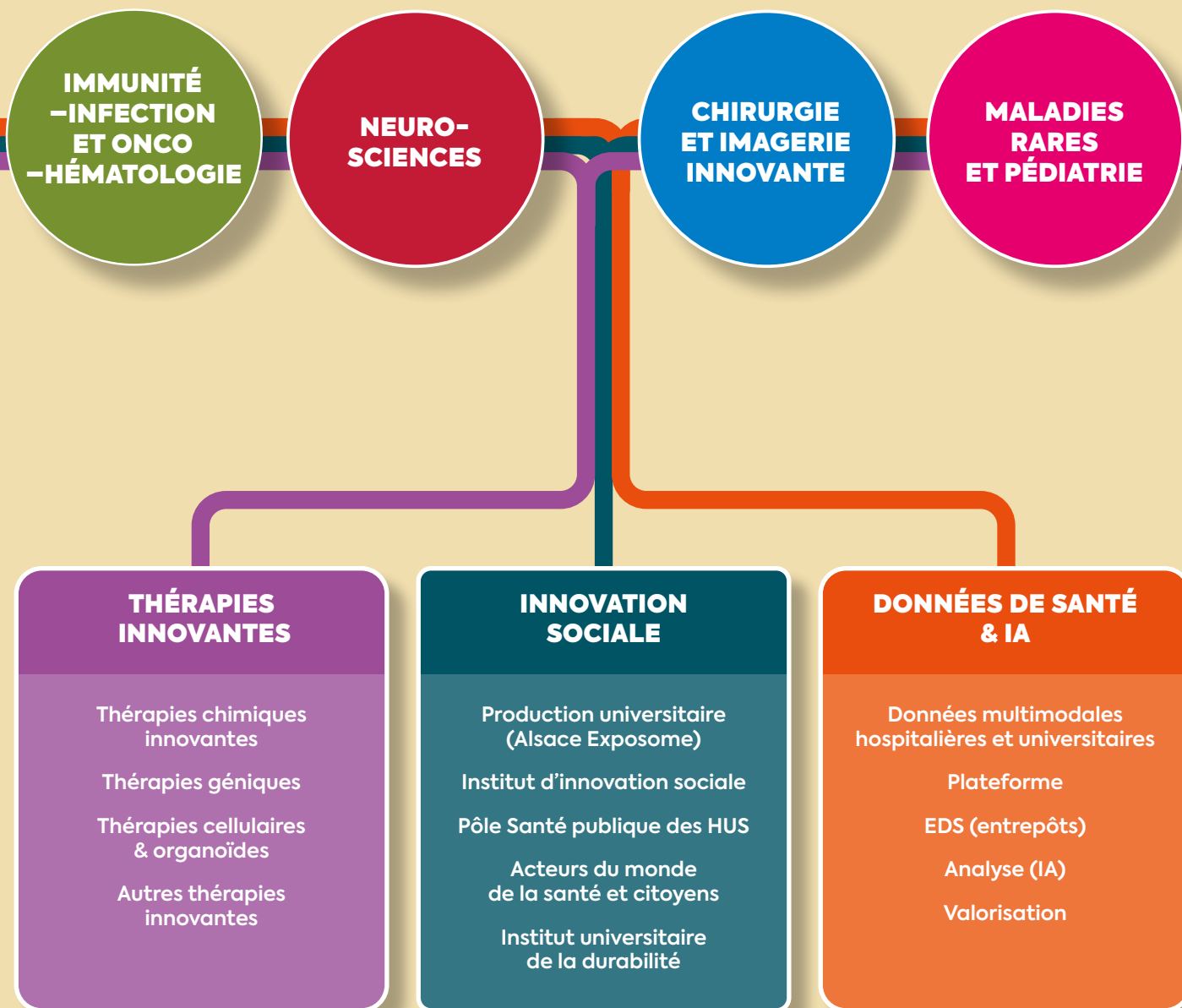
1. Le thème « Immunité – Infection et Onco-hématologie » mobilise, à Strasbourg, une masse critique de chercheurs de premier ordre. Dans ce domaine, il existe de plus en plus d'interactions et de convergences conceptuelles et technologiques qui argumentent un regroupement thématique. Dans une première étape exploratoire, l'objectif est de trouver des synergies nouvelles pour créer des projets communs avec une force de frappe supplémentaire, tout en continuant à développer les projets de chaque équipe. Cette synergie doit apporter une cohérence nouvelle non seulement en recherche mais aussi pour le développement de nouvelles stratégies de soins. Cette responsabilité « d'innovation » doit être un point fort de notre écosystème hospitalo-universitaire à Strasbourg.

2. Le thème « neurosciences » est « historiquement » un thème de recherche important à Strasbourg avec différentes équipes dont la collabo-

ACTE 4

Définir 4 axes thématiques prioritaires et 3 domaines transversaux pour une recherche pluridisciplinaire innovante

4 AXES THÉMATIQUES PRIORITAIRES



3 DOMAINES TRANSVERSAUX

ration avec les services des HUS peut encore être développée. C'est un axe majeur avec des perspectives et des défis de santé publique fondamentaux notamment dans le domaine des maladies neurodégénératives. Les forces strasbourgeoises doivent nous permettre de devenir un centre de recherche en neurosciences de premier ordre en France et en Europe en renforçant les collaborations transfrontalières en particulier dans le cadre du réseau NEUREX.

3. Le thème « chirurgie et imagerie innovante » est un thème particulièrement important et structurant à Strasbourg. La reconnaissance de notre site par la création du seul IHU français dédié à la chirurgie est un point fort qu'il faut renforcer avec l'objectif de développer de nouvelles technologies numériques. La force scientifique en IA de l'IHU est une plus-value majeure de notre site qu'il faut mettre en synergie avec ENACT et les services des HUS en particulier l'excellente plateforme d'imagerie interventionnelle.

4. Le thème « Maladies rares et pédiatrie » est un axe nouveau fondé sur des compétences de haut niveau en particulier en neuro-ophtalmo-génétique. Cela doit permettre un développement majeur avec d'importantes retombées en terme de recherche mais aussi de prise en charge innovante au sein des HUS. La prise en charge des maladies pédiatriques, incluant de nouvelles stratégies de dépistage, va générer des projets scientifiques originaux pour lesquels le site strasbourgeois a des compétences de haut niveau.

■ **Il est aussi essentiel de renforcer notre capacité à faire émerger d'autres thématiques translationnelles structurantes.**

Par exemple la pharmacologie et les maladies métaboliques et cardiovasculaires, ce qui peut être considéré à terme comme un ou des nouveaux thèmes émergents.

Il faut collaborer à renforcer la recherche en soins premiers (médicaux et paramédicaux) pour développer des projets d'impact répondant à des questions simples d'organisation et de soins courants. Ce développement peut à terme aussi devenir un domaine thématique prioritaire.

Il est nécessaire de développer des axes de recherche en santé publique avec des initiatives d'ingénierie de santé publique sur des thèmes clefs comme par exemple « santé de la mère » en favorisant des collaborations avec les sciences humaines et sociales.

■ **Dans notre écosystème de grands domaines transversaux doivent aussi être recherchés. Nous avons identifié 3 domaines transversaux qui vont contribuer à renforcer les 4 axes thématiques en apportant une « originalité » strasbourgeoise par nos compétences de site.**

1. LES THÉRAPIES INNOVANTES (MTI), domaine partagé par les 3 facultés de santé, sont un axe majeur qui va intéresser tous les domaines thématiques prioritaires. Ces thérapies innovantes (thérapies géniques, thérapies cellulaires, thérapies tissulaires) ont des applications actuelles et potentielles qui sont majeures dans le champ des maladies immunitaires, infectieuses, onco-hématologiques, neurodégénératives et dans de nombreuses maladies rares.

L'expertise de nos unités de recherche, dans un cadre pluridisciplinaire, avec des technologies de pointe, offre un environnement extrêmement favorable à la réalisation de projets ambitieux. Cela doit devenir un axe fort de recherche et de soins innovants à Strasbourg.

Les applications sont nombreuses. Par exemple, la chirurgie de demain pourra être une bio-chirurgie de réparation utilisant des procédés d'ingénierie tissulaire innovants. Autre exemple, le savoir-faire en chimie biologique et thérapeutique, point fort des facultés de pharmacie et de chimie, est un domaine à valoriser.

C'est un atout unique pour la recherche préclinique intégrant toutes les ressources nécessaires pour la découverte, la formulation et le développement de candidats – médicaments, mais aussi d'outils diagnostiques et théranostiques.

2. DONNÉES DE SANTÉ ET IA. La science de demain sera une science de la donnée avec de nouvelles approches algorithmiques qui seront complémentaires d'approches scientifiques par hypothèse plus classiques.

Ce domaine, particulièrement important à Strasbourg, est partagé par les 4 axes thématiques prioritaires. Le développement de l'IA en santé avec le cluster national IA ENACT, incluant des compétences de premier ordre de l'IHU et des HUS, est une priorité de développement pour le site strasbourgeois.

Ce domaine majeur est un défi pour la recherche biomédicale. Il est indispensable de disposer rapidement d'une plateforme interopérable adossée à un entrepôt de santé conforme au règlement européen. Les entrepôts du réseau PAIsAGE du C-GEST doivent se développer en créant des synergies avec les Data Centers des universités, notamment celui de l'unistra, qui est une référence nationale aux standards technologiques et réglementaires.

▲ **La gouvernance de ces axes thématiques et domaines transversaux doit être transparente et intégrée, répondant à quelques principes :**

- Être au service d'une stratégie de coordination collective en élaborant une feuille de route.
- Être attentive à permettre d'optimiser la création et/ou l'accès à des plateformes/infrastructures et à des financements communs (veille des AAP).
- Être engagé à restituer, selon un agenda et des indicateurs simples, l'évolution du projet à la gouvernance institutionnelle.

▲ **La feuille de route de cette gouvernance sera discutée par les instances hospitalo-universitaires et universitaires coordonnant la recherche en santé.**

Nous nous sommes fixés l'objectif de rattraper le retard que nous avons pris en s'appuyant sur les forces de collaborations transfrontalières notamment avec le LIH (Luxembourg), l'Allemagne, la Suisse selon un modèle proche du projet CLINNOVA, et cela en s'appuyant sur nos référents EUCOR et EPICUR. L'enjeu de souveraineté nationale et européenne des données de santé dans un environnement réglementaire soucieux d'une éthique respectueuse de chacun est un sujet majeur pour l'écosystème strasbourgeois.

3. L'INNOVATION SOCIALE, avec une dimension santé publique, est un enjeu majeur qui fait appel aux compétences des sciences humaines et sociales, point fort de notre université.

L'approche moderne « *One Health* » (« Une seule Santé ») intègre, plus que toute autre, une approche pluridisciplinaire et pluripartenariale avec en particulier des dimensions épidémiologiques et analytiques. Dans ce contexte, la mise en place de la plateforme « Alsace Exposome » est certainement un de nos projets prioritaires.

Ce domaine transversal est un levier majeur pour développer de nouvelles stratégies plus prédictives et préventives en développant une science plus participative avec des étapes de co-construction permettant une approche citoyenne. L'objectif est de redonner confiance dans la science pour un « mieux être » de nos populations, en particulier les plus précaires.

ACTE 5 Construire une stratégie « Attractivité- Excellence »

■ **Construire une stratégie « Attractivité – Excellence » pour favoriser le recrutement de jeunes enseignants-chercheurs hospitalo-universitaires et universitaires afin de faciliter en particulier le recrutement des futurs DU de nos UMR**

Ce plan stratégique doit être construit de façon pluriannuelle pour permettre un effort de recrutement européen, voire international, grâce à un plan d'action « Attractivité – Excellence » que nous devons mettre en place avec un soutien engagé des HUS, des collectivités et le cas échéant d'acteurs privés.

Cette stratégie doit permettre d'accompagner nos jeunes (CCA, AHU, PHU) qui s'engagent mais aussi nos seniors, piliers de notre organisation, pour pouvoir renforcer leur place dans un système qui exige des compétences de haut niveau « tout azimut ».

Dans l'écosystème strasbourgeois, le soutien des Fondations Unistra/HUS et FORCE est un point fort qui doit être amplifié en particulier pour recruter des compétences de haut niveau par des actions « *Welcome in Alsace for Health Research* ».

ACTE 6 Renforcer notre rayonnement européen et international

■ **Co-construire une stratégie de rayonnement international par des projets européens ou internationaux dans des axes prioritaires validés par la gouvernance de la recherche en santé**

La recherche en santé s'inscrit dans une compétition « internationale » qui nécessite de trouver des convergences de thèmes, de moyens et de financements, ce que le Pôle Santé de notre site strasbourgeois souhaite porter. Nous pouvons tirer parti de nos partenariats internationaux, en premier lieu dans le cadre de nos campus et universités européennes Eucor et Epicure, pour développer des projets d'ampleur en santé.

Il faut pour cela une coordination plus aboutie pour accompagner l'ingénierie complexe de ces projets avec une véritable stratégie « européenne » (UE) voire internationale comportant une « cellule de veille » et un guichet de portage des projets européens qui doit idéalement être partagé.

La stratégie de recherche, à haut niveau, justifie des collaborations académiques (publiques et privées) qui vont permettre d'identifier des projets d'impact. La collaboration avec des industriels de la Med et BioTech est indispensable pour optimiser l'efficacité d'une recherche qui est confrontée à

des défis sans précédents. Cette collaboration doit se faire dans un cadre éthique et déontologique exemplaire avec l'aide de partenaires comme la SATT, Biovalley France et les « incubateurs ».

■ Développer une stratégie de recherche pluridisciplinaire « Une Seule Santé » comportant un axe « développement durable » avec des objectifs de prévention

Nous souhaitons nous engager dans une stratégie d'études des facteurs exposomiaux (exogènes et endogènes) par un projet « Exposome Alsace » qui s'intègre au projet d'institut de santé publique et d'innovation sociale et environnementale de Strasbourg porté par un partenariat Université – HUS associant l'ARS, les collectivités et d'autres acteurs de la santé.

Ce projet d'institut doit se construire en synergie avec l'institut de la durabilité de l'université et les initiatives locales et nationales de développement durable portées des hospitalo-universitaires strasbourgeois

Nous avons l'opportunité, ce qui est une grande chance, d'avoir un écosystème de recherche et de compétences technologiques et industrielles qui peuvent faire de l'Alsace un « laboratoire » d'expertises et d'actions territoriales « Santé globale ». Il faut insuffler cette créativité avec toutes nos forces de recherche pour en faire un enjeu prioritaire de territoire.

ACTE 7 Construire une structure de recherche pluridisciplinaire « One Health »

■ Développer une offre de formation à la recherche (Master – Doctorat) collaborative dans les domaines d'excellence prioritaires définis ensemble et renforcer la culture recherche de nos étudiants.

Cet axe doit permettre de mutualiser nos efforts pour décliner une stratégie « recherche en santé » au sein de nos écoles doctorales. Il n'y a pas de recherche performante sans une formation d'excellence et cela au profit du soin. Dans ce contexte, il est nécessaire de renforcer la recherche et la formation en santé publique et en épidémiologie en s'appuyant sur le potentiel des centres de référence (y compris des registres) et des hospitalo-universitaires et professionnels de santé engagés dans le processus d'universitarisation de notre territoire.

Il faut poursuivre l'effort de développement de notre dispositif MD-PhD strasbourgeois pour renforcer l'excellence de la recherche en santé avec l'objectif de former les enseignants-chercheurs qui seront les DU d'UMR de demain. Il faut donner à ces chercheurs la possibilité de parcours au sein des équipes cliniques des HUS pour renforcer le développement d'une recherche clinique de qualité.

Il faut aussi renforcer la formation scientifique de nos étudiants (2^e et 3^e cycle) en amont de l'offre Master/Doctorat pour redonner une culture scientifique à nos étudiants en santé. Ils sont les ressources U et HU de demain.

Ce développement de la formation, qui repose sur des avancées de la recherche, va permettre de créer de nouvelles compétences et de nouveaux métiers (assistants numériques, médiateurs en santé,...) qui vont *in fine* renforcer l'offre de soins, notamment dans sa dimension organisationnelle. L'intérêt d'outils nouveaux (IA) doit être explorée par une recherche spécifique menée avec des projets d'impact.

ACTE 8 Développer notre offre de formation pour une recherche en santé la plus dynamique possible

■ Faire rayonner la recherche et l'innovation strasbourgeoise par des actions de communication et de formation à destination de l'ensemble des acteurs de santé de notre territoire et au-delà dans le cadre de nos relations internationales

Nous devons co-organiser des rencontres pour nos équipes, entre elles, et avec des start-up et des industriels en s'appuyant sur Biovalley France comme l'illustre la réunion de Recherche en Santé co-construite par l'université et les HUS depuis 2024.

Il est aussi nécessaire d'avoir une communication auprès de nos étudiants, de nos doctorants, de nos chercheurs pour créer une véritable « commu-

ACTE 9 Faire rayonner la recherche en santé

nauté de la recherche en santé ». Il faut imaginer des modalités de communication innovantes comme des réseaux et des Hackathons.

Il est nécessaire de communiquer avec Biovalley France et l'écosystème industriel sur l'importance de collaborations public-privé indispensables dans le domaine santé. Il faut transformer le déficit d'image des industriels du médicament et de la santé auprès de nos étudiants et de nos professionnels de santé. Il en va de nos capacités d'innovation qui comporte une part entrepreneuriale. Cette démarche doit se faire avec transparence et une exemplarité éthique et déontologique.

ACTE 10 **Renforcer nos** **partenariats** **avec l'État et les** **collectivités**

■ Élaborer la stratégie de recherche et d'innovation en santé en coopération avec nos collectivités et l'ARS et le Rectorat (Etat)

La collaboration avec les collectivités est un point stratégique. La collaboration avec la métropole (EMS), la CEA (Collectivité européenne d'Alsace) et la Région doit être renforcée en favorisant des initiatives comme la COSABIS (Coordination Stratégique et d'Accélération en Biologie Santé) qui permet une indispensable synergie entre les grands centres et l'ensemble des acteurs de recherche de la région.

La collaboration avec l'ARS et le Rectorat doit être renforcée dans le cadre d'une politique de recherche et d'innovation en santé qui doit bénéficier à la population en phase avec notre responsabilité populationnelle. Cette collaboration devra reposer sur des projets d'impact bien évalués. Cette collaboration doit être incitée par un renforcement de l'engagement déficient d'un état « stratège » qui doit financer de grands plans répondant à des défis de santé publique et d'innovation thématiques et technologiques.

Cette stratégie nationale doit être en phase (objectifs, organisation, financement,...) avec les stratégies territoriales portées par les collectivités. Cette coordination est difficile, mais c'est un point majeur qui doit se construire de façon pluriannuelle selon des plans existants (CPER, Triennal, FEDER) en simplifiant mais surtout en amplifiant de façon massive l'effort collectif pour la recherche biomédicale.

ACTE 11 **Partager une** **culture citoyenne** **de la science**

■ Créer une culture citoyenne de la science et de la santé

Il faut aussi avoir une communication « grand public » pour la société et nos élus en faisant briller les succès de la recherche mais aussi les valeurs qu'elle porte. Il faut chérir le Progrès mais aussi assumer. Les incertitudes qui lui sont associées. Il faut construire une culture nouvelle pour renforcer la capacité à développer des stratégies de prévention efficaces (Ex : vaccination). Cet objectif est un des axes majeurs du projet strasbourgeois d'institut d'innovation sociale et de santé publique et environnementale.

ACTE 12 **Incarner** **les valeurs** **portées par la** **recherche**

■ Faire briller les valeurs éthiques et déontologiques de la recherche en santé.

La recherche en santé porte, plus que tout autre, des valeurs d'humanisme, garantes d'un sens fort dans un monde de plus en plus complexe et hétérogène. La pluridisciplinarité de la recherche, forte de ses compétences en sciences humaines et sociales, apporte une singularité qui est un point important du site strasbourgeois. Cela doit mener aussi à une réflexion sur l'exemplarité de la recherche, en explorant de nouvelles pistes de l'éthique (éthique du Care, éthique multimodale « by design »...).

Plan d'action pluriannuel (2025-2030) de la stratégie de recherche en santé. Les 12 projets à concrétiser

①

Mettre en place une **nouvelle gouvernance** pour une coordination de la politique de site hospitalo-universitaire en coopération avec les ONR (Inserm – CNRS – Inria) avec des objectifs partagés destinés à développer la recherche translationnelle « au lit du patient ».

→ L'objectif prioritaire est de « faciliter la vie » des enseignants-chercheurs et des chercheurs pour optimiser leur créativité et leur capacité à développer leurs projets.

②

Définir les **modalités de coordination et de soutien** des « thèmes prioritaires » avec un plan de suivi (agenda, évaluation, perspectives) référé aux instances.

→ L'objectif prioritaire est d'avoir une feuille de route opérationnelle avec des priorités qui vont permettre la mise en œuvre du plan d'action.

③

Construire un **projet strasbourgeois « MTI »** (Médicaments de thérapie innovante) rassemblant les équipes des 3 composantes santé et des HUS en coordination avec l'écosystème universitaire, industriel et le pôle de compétitivité (Biovalley).

→ L'objectif prioritaire est de développer cet axe particulièrement stratégique qui préfigure les traitements de demain avec un souhait de souveraineté territoriale et nationale.

④

Construire un **projet strasbourgeois « Données de santé et IA »** s'appuyant sur les points forts en particulier des HUS et de l'IHU et du projet Cluster IA ENACT pour collecter (Data et Biobanking), stocker (Data Center – EDS), analyser (IA) et valoriser en s'approchant des standards européens (Ex : UK Biobank).

→ L'objectif prioritaire est de rattraper notre retard dans le domaine des sciences de la donnée avec une IA performante en affichant l'ambition d'une souveraineté française et européenne.

⑤

Construire un **projet strasbourgeois « One Health »** (université – HUS – ONR – URPS – collectivités – ARS – Rectorat) qui permette une nouvelle approche plus prédictive et préventive incluant une réflexion sur la création d'une « Maison de la prévention », en coordination avec l'institut d'innovation sociale et de santé publique et environnementale.

→ L'objectif prioritaire est d'avoir une feuille de route « One Health » concrète pour cet axe majeur fondamentalement pluridisciplinaire.

⑥

Mettre en place le **premier institut d'innovation sociale et de santé publique et environnementale de Strasbourg** en coordination avec le pôle de santé publique des HUS et l'institut de la durabilité de l'université en développant les axes « Chaires d'excellence », formation et actions d'innovation sociale et appels à projet et en proposant des services comme la plateforme « Alsace – Exposome » (IPHC – université).

→ L'objectif prioritaire est d'avoir une structure opérationnelle qui va donner de la visibilité et permettre des applications concrètes au service de l'écosystème de recherche et de santé de notre territoire.

⑦

Construire un **projet de recherche en soins premiers** (médical et paramédical) pluridisciplinaire en faisant appel aux compétences en sciences humaines et sociales universitaires pour des actions d'impact « santé publique » par exemple en développant des initiatives comme celle consacrée à « Santé de la mère » et cette amélioration de l'organisation et des parcours de soins par l'intégration de nouvelles compétences et de nouveaux outils.

→ L'objectif prioritaire est d'avoir des projets avec des « impacts populationnels » intégrant de nouveaux outils d'e-santé.

8

Renforcer notre offre de formation à la recherche Master – Doctorat notamment par notre dispositif MD-PhD dans les unités de recherche mais aussi par des parcours dans les services hospitaliers et agir pour renforcer la culture scientifique de nos étudiants en santé de 2^e et de 3^e cycle par de nouveaux enseignements dédiés. Cette nouvelle offre de formation doit aussi in fine permettre de créer de nouvelles compétences et de nouveaux métiers (assistants numériques, médiateurs en santé...) qui vont transformer le soin en intégrant des outils nouveaux (IA).

→ L'objectif prioritaire est d'avoir un projet de formation à la recherche « multimodale » touchant le plus grand nombre d'étudiants avec des applications potentiellement professionnalisantes.

9

Mettre à disposition des ressources (hospitalières et universitaires) pour améliorer notre capacité à déposer et à accompagner des **projets européens** en particulier dans le contexte de nos campus européen EPICUR et EUCOR comme par exemple le projet transfrontalier Transborder Use Case CLINNOVA (en cours).

→ L'objectif prioritaire est d'avoir une / des structure(s) support coordonnée(s) pour améliorer concrètement notre réussite dans les appels à projets européens incluant les ERC.

10

Mettre en œuvre le **projet « Attractivité – Excellence »** avec les HUS et les partenaires (ARS, Rectorat, Fondations, collectivités) pour redonner confiance et renforcer notre communauté d'enseignants-chercheurs hospitalo-universitaires et de chercheurs en particulier pour recruter les futurs DU de nos unités de recherche. Ce projet doit prioritairement accompagner « nos jeunes » qui s'engagent mais aussi renforcer nos « seniors », piliers de notre système, pour conserver leurs compétences.

→ L'objectif prioritaire est de disposer de ressources humaines, objet le plus précieux, pour conserver voire améliorer nos capacités de recherche.

11

Renforcer la recherche clinique strasbourgeoise dans le cadre de la « Maison de la Recherche » par une transformation de la DRCI des HUS comportant une réorganisation et un fléchage des ressources humaines et financières (SIGAPS – SIGREC) vers les domaines thématiques prioritaires sur la base de projets aboutis.

→ L'objectif prioritaire est de promouvoir un projet de réorganisation de la recherche clinique à la hauteur des moyens et des ambitions des acteurs du site strasbourgeois.

12

Définir précisément les besoins en ressources humaines et en plateformes/infrastructures avec un objectif de **mutualiser et de renforcer les outils de la recherche** (HUS, CRBS, institutions) au profit de nos équipes de recherche.

→ L'objectif prioritaire est d'avoir un réseau mutualisé de structures et de plateformes de recherche de haut niveau accessibles à la communauté des chercheurs strasbourgeois.

▲ Chaque action doit faire l'objet d'une « Fiche d'action pratique ». En synthèse, il est nécessaire de :

1. définir l'agenda de co-construction et de mise en place des projets prioritaires ;
2. mettre en place pour chaque projet un groupe de travail « resserré » représentatif avec la mission de rédiger une fiche projet qui précise les objectifs, les attendus, les moyens nécessaires, l'agenda et les critères d'évaluation ;
3. définir la stratégie de pilotage pluri partenariale de ce plan d'action ;
4. rendre compte aux instances de gouvernance de l'avancement de ce plan d'action.

Nos indicateurs strasbourgeois

- Nombre d'équipes labellisées
- Nombre et qualité des enseignants-chercheurs (HU et U) et personnels de recherche rattachés aux unités de recherche
- Nombre de doctorants
- Réussite aux appels à projets ATIP Avenir et ERC
- Réussite aux appels à projet ANR
- Réussite aux appels à projets PHRC – N, PHRC – R, PHRIP, PREP, PRME
- Nombre d'études académiques et industrielles avec une évaluation par des marqueurs : besoins RH et techniques, financements, inclusions, publications,...
- Contrat de recherche d'interface des chercheurs (ONR) et des cliniciens hospitaliers (HUS)
- Production scientifique des équipes et des chercheurs, enseignants-chercheurs (HU)
- Brevets, partenariats industriels et création de start-ups
- Actions d'information et de communication
- Nombre de projets « One Health »

Outils de pilotage

Les évaluations quinquennales des structures et établissements de recherche permettent de recueillir les différents indicateurs dont certains sont mentionnés ci-dessus, mais elles ne favorisent pas l'adaptation rapide des stratégies aux évolutions scientifiques et démographiques. L'élaboration d'une stratégie ambitieuse en santé suppose donc le déploiement d'outils de pilotage partagés et interopérables, tirant parti des

avancées de l'intelligence artificielle pour intégrer les données et produire des tableaux de bord à destination des acteurs de la recherche du site strasbourgeois.

L'enjeu d'une stratégie de pilotage pluriannuelle avec des indicateurs validés est important. Il faut mener un travail conjoint entre les différents acteurs (Université, HUS, ONR) pour avoir un système simplifié et efficace qui permettra de guider notre stratégie et donc nos choix. C'est un sujet majeur.

Strasbourg, le 15 octobre 2026

Anne Charloux

Doyenne de la Faculté de médecine, maïeutique et sciences de la santé de Strasbourg

Jean Sibilia

Vice-président Santé et Territoire de l'Université de Strasbourg

Samir Henni

Directeur général des Hôpitaux universitaires de Strasbourg

Esther Kellenberger

Doyenne de la Faculté de pharmacie de Strasbourg

Valérie Lamour

Vice-doyenne de la Faculté de médecine, maïeutique et sciences de la santé de Strasbourg. Présidente du CRBSP

Ferhat Meziani

Vice-président Recherche des Hôpitaux universitaires de Strasbourg

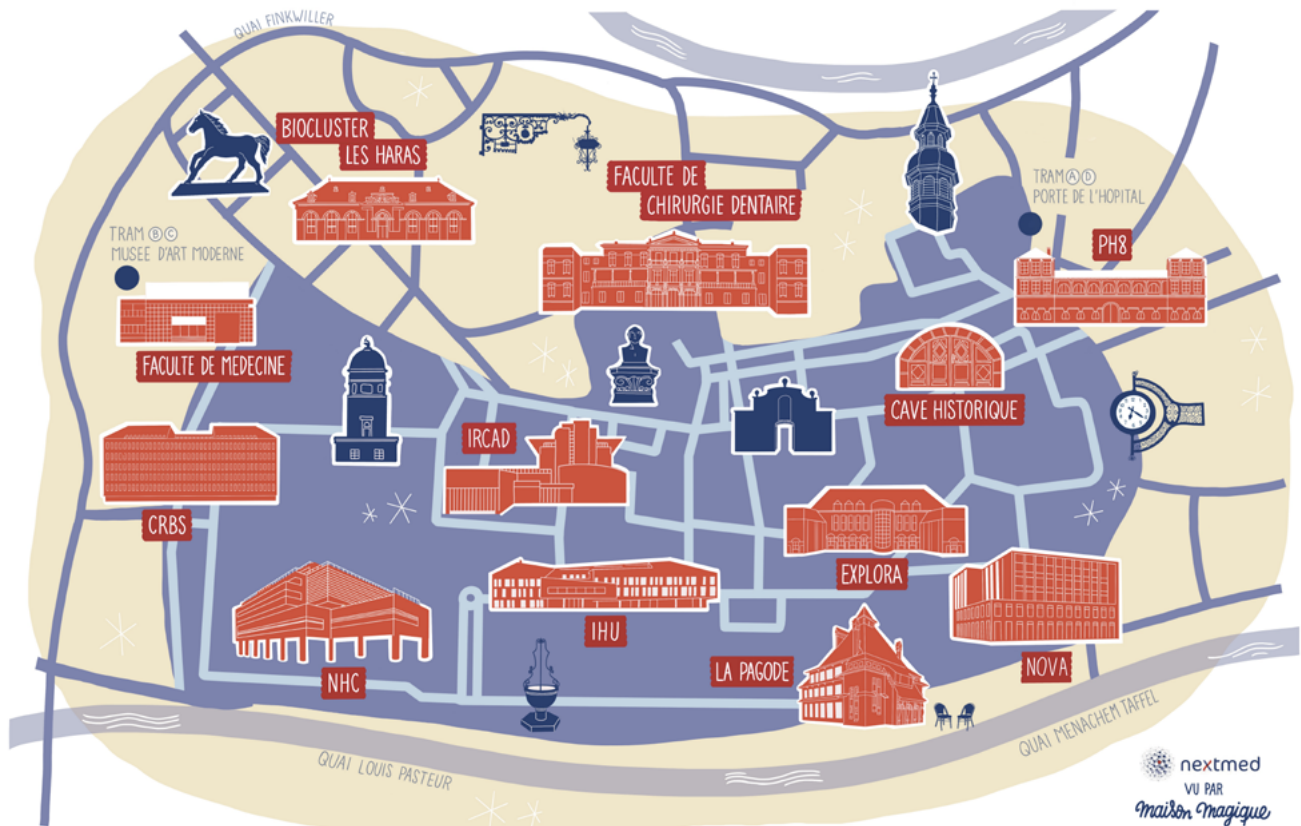
Florent Meyer

Doyen de la Faculté de chirurgie dentaire de Strasbourg

Vincent Laugel

Président du Conseil scientifique de la DRCI des Hôpitaux universitaires de Strasbourg

Une stratégie de campus



Un environnement santé extrêmement favorable

1. Nouvel Hôpital Civil
2009 • 350 millions €

2. Haras
2013 • 30 millions €

3. Haras Biocluster
2014 • 5 millions €

4. IRCAD 2
2014 • 60 millions €

5. Faculté de chirurgie dentaire
2014-2018 • 30 millions €

6. PH8
2012-2025 • 1,5 millions €

7. IHU
2016 • 220 millions €

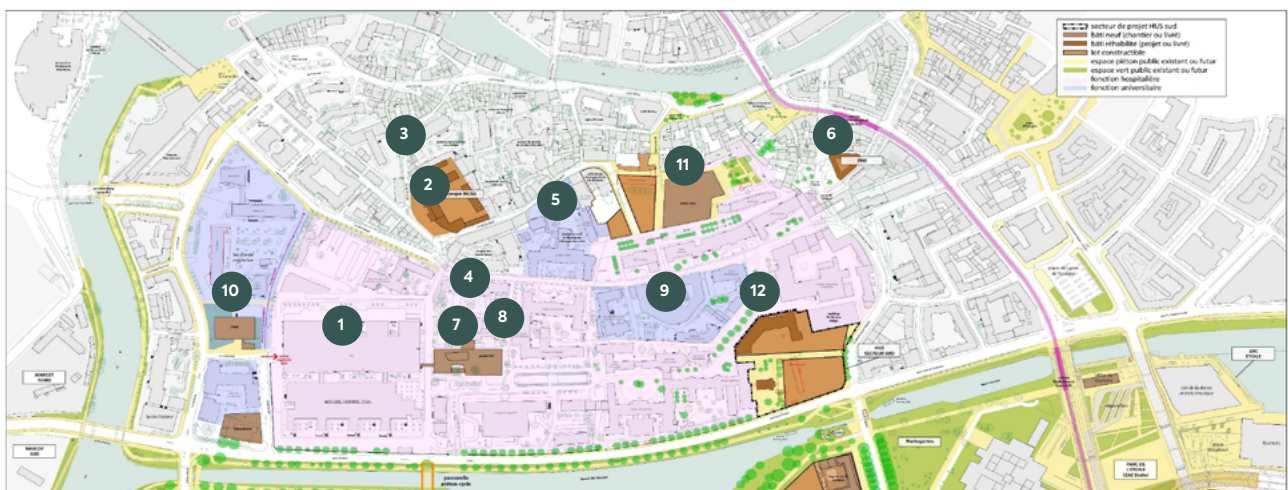
8. Unité de simulation
2017 • 1 million €

9. Icube
2018 • 6 millions €

10. Centre de recherche en biomédecine
2019 • 35 millions €

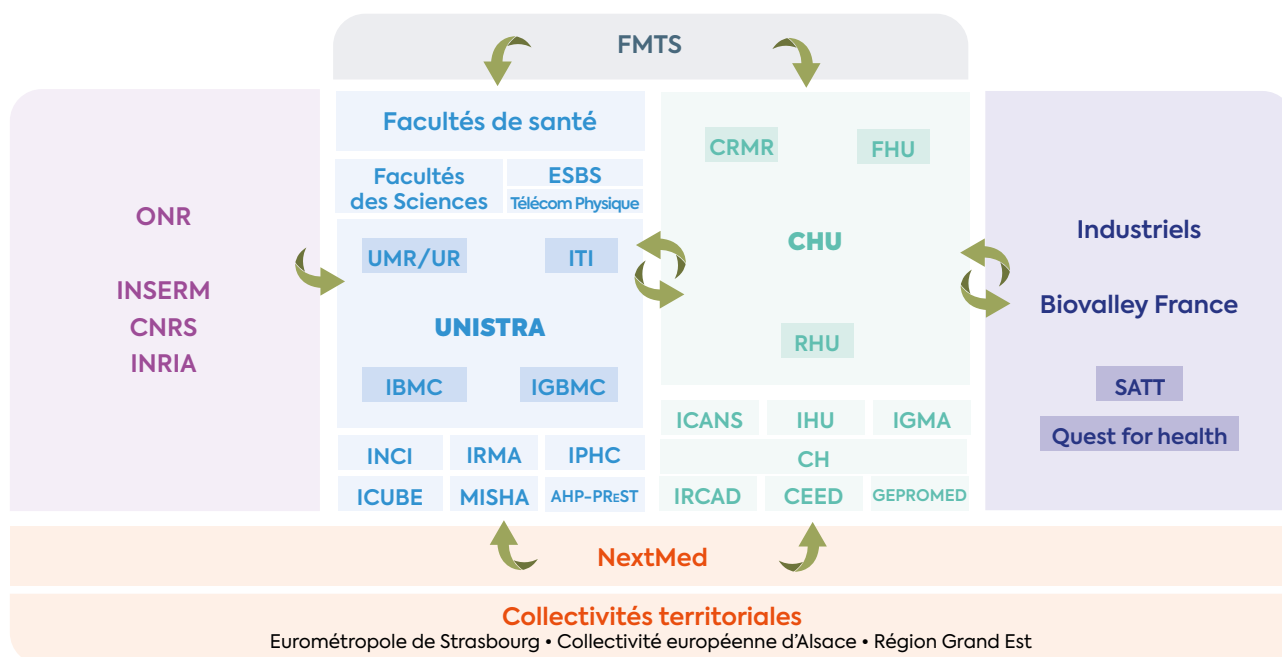
11. Cardo Centre de propriété intellectuelle
2019 • 52 millions €

12. Parc des technologies médicales
2021 • 100 millions €



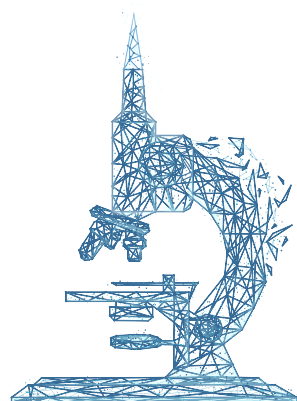
Les dynamiques en un coup d'œil

Les dynamiques à l'œuvre dans la recherche en santé à Strasbourg : fonctionnement, organisation, collaborations entre laboratoires, etc.



AHP-PRéST Archives Henri Poincaré – Philosophie et recherche sur les sciences et technologies
CEED Centre européen d'étude du diabète
CH Centre hospitalier
CHU Centre hospitalier universitaire
CNR Centres nationaux de référence
CNRS Centre national de la recherche scientifique
ESBS École supérieure de biotechnologie de Strasbourg
FHU Fédération hospitalo-universitaire
FTMS Fédération de médecine translationnelle de Strasbourg
GEPROMED Groupe européen de recherche sur les prothèses appliquées à la chirurgie vasculaire
IBMC Institut de Biologie Moléculaire et Cellulaire
ICANS Institut de cancérologie Strasbourg Europe
ICUBE Laboratoire des sciences de l'ingénieur, de l'informatique et de l'imagerie
IGBMC Institut de Génétique, Biologie Moléculaire et Cellulaire

IGMA Institut de génétique médicale d'Alsace
IHU Institut hospitalo-universitaire
INCI Institut des Neurosciences Cellulaires et Intégratives
INRIA Institut national de recherche en informatique et en Automatique
INSERM Institut national de la santé et de la recherche médicale
IPHC Institut Pluridisciplinaire Hubert-Curien
IRCAD Institut de recherche contre les cancers de l'appareil digestif
IRMA Institut de recherche mathématique avancée
ITI Instituts thématiques Interdisciplinaires
MISHA Maison interuniversitaire des sciences de l'Homme – Alsace
ONR Organismes nationaux de recherche
RHU Recherche hospitalo-universitaire
SATT Société d'Accélération du Transfert de Technologies
SEMIA Sciences, Entreprise et Marché, Incubateur d'Alsace
UMR Unité mixte de recherche
UNISTRA Université de Strasbourg



Noëuds d'infrastructures de recherche FR/EU

Frisibi/Instruct Centre coordinateur national, biologie structurale (CBI, IGBMC)

Phenomin (Celphedia) – InfraFrontier Centre coordinateur national, modèles animaux (ICS, IGBMC)

ProFi Spectrométrie de masse (IPHC)

FBI France Biolmaging, nœud de site RISEst

FLI France Life Imaging, nœud (iCube)

France génomique, nœud GenomEast (IGBMC)

IFB Institut français de bioinformatique, nœud de site, BigEst

ChemBioFrance Centre coordinateur national, chimiothèque, ADME-Tox (unités de Faculté de Pharmacie et ESBS).

Plateformes de haut niveau

Insectarium (IBMC)

Usine-école EASE (Unistra)

CEERIPE (Unistra, UR MSP)

CYRCé (Unistra)

CNRS (Cyclotron, IPHC) Réseau des plateformes

CoRTecS

La recherche en santé à Strasbourg : nos équipes

AHP-PRéST • UMR7117

Unistra/Cnrs

Archives Henri-Poincaré –
Philosophie et recherches sur les
sciences et les technologies
Dir. Philippe Nabonnant (Nancy)
Catherine Allamel-Raffin
(Strasbourg)

BIOMAT • UMR_S 1121

**Unistra/Inserm • Faculté
d'Odontologie et de Médecine**
Biomatériaux et bioingénierie
Dir. Philippe Laval

BPPS • UMR_S 1255

Unistra/Inserm

Biologie et pharmacologie des
plaquettes sanguines
Dir. Pierre Mangin

BSC • UMR 7242

Unistra/Cnrs • ESBS

Biotechnologie et Signalisation
Cellulaire
Dir. Guy Zuber

CHU

Centre hospitalier universitaire
Dir. Samir Henni

CBST UMR 7199

**Unistra/Cnrs • Faculté de
Pharmacie**

Laboratoire de conception et
application de molécules bioactives
Dir. Thomas Grütter

DIATECH • UR 7294

Unistra/Ceed

Diabète et thérapeutique
Dir. Karim Bouzakri

EN-HOPE SMART4CBT

HUS/Unistra/Cnrs/Inserm

East North-Hematology Oncology
Pediatric consortium
Dir. Natacha Entz-Werlé

GMGM • UMR 7156

**Unistra/Cnrs • Faculté
des Sciences de la Vie**

Génétique moléculaire, génomique,
microbiologie
Dir. Gilles Charvin

IBMC • UAR 1589

Cnrs

Institut de biologie
moléculaire et cellulaire
• **M3I** *Dir.* Jean-Luc Imler
• **ARN** *Dir.* Roland Marquet
• **I2CT** *Dir.* Hélène Dumortier

ICANS

Institut de cancérologie Strasbourg
Europe
Dir. Xavier Pivot

I-CUBE • UMR 7357

Unistra/Cnrs

Laboratoire des sciences
de l'ingénieur, de l'informatique
et de l'imagerie
Dir. Fabrice Heitz

IGBMC • UMR 7104/ UMR_S 1258

Unistra/Inserm/Cnrs

Institut de génétique,
biologie moléculaire
et cellulaire
Dir. Patrick Schultz

IHU

Unistra/HUS/Inria/Cnrs

Institut de chirurgie guidée
par l'image
Dir. Christian Debry

INCI • UPR 3212

Cnrs

Institut des Neurosciences
Cellulaires et Intégratives
Dir. Michel Barrot

IRM • UMR_S 1109

Unistra/Inserm

ImmunoRhumatologie Moléculaire
Dir. Siamak Bahram

IRMA • UMR 7501

**Unistra/Inria/Cnrs • Faculté
de Mathématiques**

Institut de recherche
mathématique avancée
Dir. Charles Frances

ITM • UMRS 1110

Unistra/Inserm

Institut de recherche en médecine
translationnelle et maladies
hépatiques
Dir. Thomas Baumert



(UMR, UPR, UR)

LIT • UMR 7200

Unistra/Cnrs • Faculté de Pharmacie

Laboratoire d'innovation thérapeutique

Dir. Didier Rognan

LBP • UMR 7021

Unistra/Cnrs • Faculté de Pharmacie

Laboratoire de Bio-imagerie et Pathologies

Dir. Pascal Didier

LGM • UMR_S 1112

Unistra/Inserm • IGMA

Laboratoire de génétique médicale

Dir. Hélène Dollfus

LNCA • UMR 7364

Unistra/Cnrs • Faculté de Psychologie

Laboratoire de neurosciences cognitives et adaptatives

Dir. Chantal Mathis

LISEC • UR 2310

Unistra • MISHA

Laboratoire Interuniversitaire des Sciences de l'Éducation et de la Communication

Dir. Pascal Marquet

LPTNC • UR 7296

Unistra

Laboratoire de pharmacologie et toxicologie neurocardiovasculaire

Dir. Laurent Monassier

MCVT • UR 3074

Unistra

Médecine cardiovasculaire transactionnelle

Dir. Valérie Schini-Kerth

MSP • UR 3072

Unistra

Mitochondrie, stress oxydant et protection musculaire

Dir. Anne-Catherine Lejay

NANOREGMED • UMR_S 1260

Unistra/Inserm

Nanomédecine régénérative

Dir. Nadia Benkirane-Jessel

PHAVI • UR 3073

Unistra

Pathogens Host Arthropod Vectors Interfaces

Dir. Gilles Prévost

SAGE • UMR 7363

Unistra/Cnrs/Misha

Sociétés, Acteurs, Gouvernement en Europe

Dir. Marine de Lassale

STEP • UMR_S 1329

Unistra/Inserm

Strasbourg Translational Neuroscience & Psychiatry

Dir. Luc Dupuis

Les ITI

ITI Institut thématique interdisciplinaire (2025/2028)

HEALTHTECH Sciences & technologies de l'information pour la santé

HIFUNMAT Matériaux hiérarchiques et fonctionnels

IMCBIO+ Biologie Moléculaire et Cellulaire

IMS Institut du médicament

INNOVEC vectorisation & délivrance de biomolécules

IRMIA++ Mathématiques, interactions & applications

MAKErS Fabrique de la société européenne

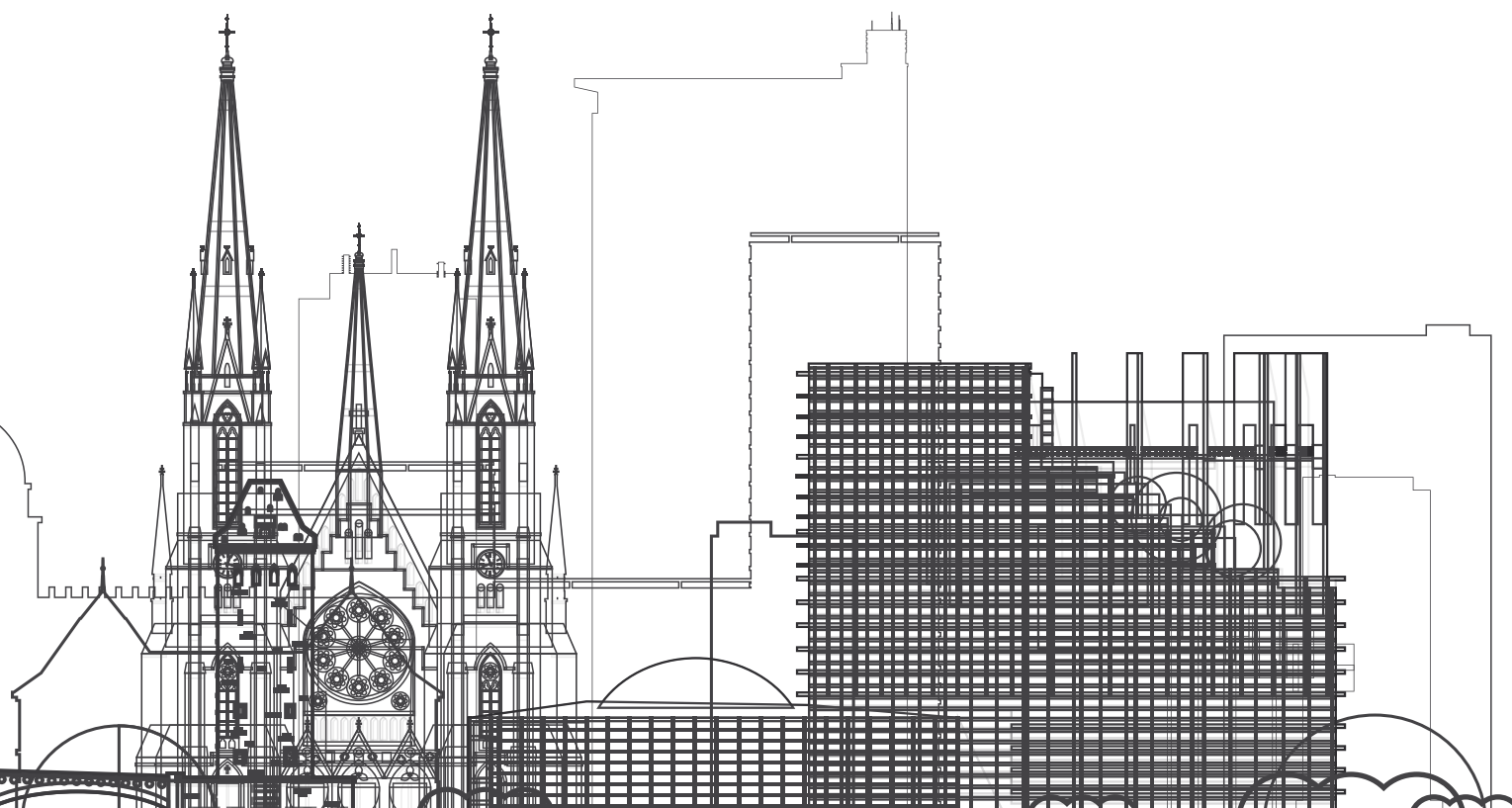
NeuroStra Système nerveux de l'adaptation aux pathologies

SUSTAINABILITI Soutenabilité des hydrosystèmes et des socio-écosystèmes urbains

TRANSPLANTEX NG+ Maladies allo-immunes (transplantation) et auto-immunes

CEED Centre Européen d'Etude du Diabète

CIC Centre d'Investigation Clinique



Unistra : la santé, domaine majeur

Université de Strasbourg – CNRS – Inserm – Inria – Inrae

• 70 Unités de Recherche réparties en 3 Domaines :

Domaine I : Sciences Humaines et Sociales – Droit, Gestion, Économie

Domaine II : Sciences et Technologies

Domaine III : Vie et Santé

• 10 écoles doctorales

• 15 Instituts thématiques interdisciplinaires

• 35 composantes

• 65 plateformes cartographiées via CORTECS (dont nœuds infrastructures nationales)

• 2851 statutaires EC et C

Partenaires associés – site Université de Strasbourg/site Alsace

• Université de Haute-Alsace, INSA, ENGEES, ENSAS, BNU, HEAR

• Hôpitaux Universitaires de Strasbourg

Les Unités de recherche du Domaine Vie et Santé

• 7 UMR Inserm – 1 UMR Inserm – CNRS

• 4 UMR CNRS – 5 UPR CNRS

• 1 UMS Inserm – 1 CIC

• 4 UAR CNRS

• 5 UR Unistra

Les infrastructures de recherche et plateformes à l'Université de Strasbourg

Infrastructures de recherche scie vie & santé (PIA1), feuille de route du MESRI

• Phenomin (< Celphedia) – EU : Infracfrontier – coordinateur

• Frisbi – EU : Instruct-ERIC – coordinateur

• France Génomique (GenomEast) – nœud

• ProFi – nœud

• IFB (Big-Est) – nœud

• FBI (Rise-Est) – EU : EuroBioimaging – nœud

• ChemBioFrance – co-coordinateur

• FLI (iCube) – nœud

Les plateformes ++ (FI 2030)

• Cyclotron Cyrcé (IPHC-CNRS IN2P3)

• Usine-école EASE (salle blanche, bioprod)

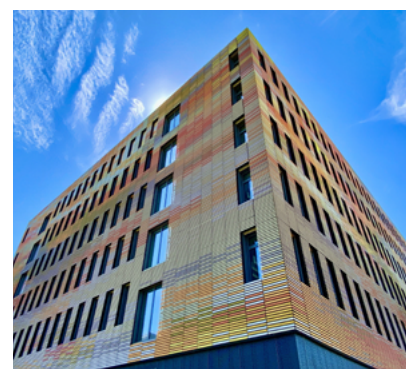
• Plateforme CEERIPE (centre européen physiologie de l'exercice)

• Plateforme Silabe (primatologie)

• Insectarium (IBMC) – UAR CNRS-Inserm-Unistra

Les autres plateformes

• Plateformes Ibisa, UMS + Plateformes d'UR Unistra labellisées (Cortecs)



CoRTeCS : un écosystème unique de plateformes au cœur de la recherche strasbourgeoise

CoRTeCS – 5 pôles – 63 plateformes technologiques ouvertes aux communautés scientifiques académiques et industrielles.

Earth, Universe, Environment and sustainable systems (6)

AEG, CDS, PACITE, PémCI, PISE, VEGOIA

Mathematics, Information and communication sciences and technologies (6)

Cemosis, GAIA, Inetlab, SCIGNE, SERTIT, STnano

Biology, Health, Medicine (32)

AEPIC, BiGEst-Icube, BiP, BSI-FRISBI, Chronobiotron, ComptOpt, CYRCé, CYTOEAST, Cytotrics, EASE, GenomEast, HTSF, ICI, INSECTA, IRIS, M2IS, MBioFaSt, MBVS, PFPFS-GE-ProFi, PHENOMIN-ICS, PIC, PIC-QuEst, PIQ-STRA, PIV, PPSE, PPSMI, PSSP, SCC, SILABE, SMPMS, TiBioC, UNISIMES

Chemistry, Molecular Physics, Materials, Engineering sciences (13)

C3-Fab, C4PI, CarMac, MEB-Cro, MechanICS, MET-IPCMS, MiNaMec, PACSI, PAI, PAPC, Plamics, PSASI, RMN-Cro

Social sciences and Humanities, Cultural and creative industries (6)

ArkéoGIS, ESTRADES, LEES, PAREO, PHUN, PUD-S

Performance scientifique par discipline :
comparaison France-Strasbourg (2015-2024)

Discipline	France		Strasbourg	
	WoS Docs	CNCI	WoS Docs	CNCI
Production globale	927545	1,24	35225	1,37
Surgery	18231	1,60	1565	1,87
Biochemistry & Molecular Biology	33614	1,17	2313	1,18
Clinical Neurology	17770	1,86	1166	2,11
Neurosciences	23677	1,21	1153	1,26
Cell Biology	16525	1,31	1017	1,38
Genetics & Heredity	13835	1,53	887	1,78
Pharmacology & Pharmacy	19651	0,97	731	1,05
Immunology	15974	1,31	714	1,35
Microbiology	18946	1,18	493	1,43
Psychiatry	10645	0,96	486	1,08
Biochemical Research Methods	8259	1,02	454	1,72
Obstetrics & Gynecology	6553	1,41	423	2,06
Infectious Diseases	13447	1,43	394	1,55
Rheumatology	4638	1,92	389	2,97
Endocrinology & Metabolism	9289	1,49	355	2,09
Urology & Nephrology	7945	1,79	324	1,26

Disciplines pour lesquelles l'index de citation des HUS est supérieur à la moyenne mondiale pour la période 2015 – 2024. Comparaison du volume de publications (WoS Docs) et de l'impact normalisé des citations (CNCI). Un CNCI supérieur à 1 indique un impact de citation supérieur à la moyenne mondiale.
Sources : Web of Science des HUS – CNCR.

Chiffres clés des Hôpitaux universitaires de Strasbourg (DCRI)

Une communauté de médecins et soignants,
hospitaliers et hospitalo-universitaires,
au service de la recherche clinique

40 M€

dédiés chaque année
par les HUS à la recherche

145

personnels Recherche
aux HUS

Entretiens avec les intervenants des 3^{èmes} Rencontres de la Recherche en santé de Strasbourg

Tout ce que vous avez toujours
voulu savoir sur la recherche
en santé à Strasbourg (*sans
jamais oser le demander*)

STRATÉGIE DE SITE

PHARMACIE

Pr Anne Charloux doyenne de la Faculté de médecine

« Cultiver la recherche »



Professeure en physiologie et explorations fonctionnelles, Anne Charloux est doyenne de la Faculté de médecine, maïeutique et sciences de la santé de Strasbourg.

Quelle vision souhaitez-vous porter pour la recherche au sein de la Faculté de médecine, maïeutique et sciences de la santé ?

Qu'il n'y a pas de progrès en santé sans recherche est une évidence, que celle-ci soit fondamentale, appliquée ou clinique. Mais la recherche c'est aussi la curiosité, une ouverture d'esprit, un esprit critique qui remet en permanence en question ce que l'on croit acquis. C'est en cela que la recherche ne peut être dissociée de l'enseignement universitaire. Les formations doivent intégrer dès le premier cycle des études l'apprentissage de l'approche scientifique, le goût de la réflexion, du doute, et de l'évaluation des pratiques. C'est un état d'esprit qui permettra à nos futurs professionnels de santé de faire face à la complexité et à l'évolution rapide des connaissances médicales tout au long de leur carrière.

L'échange et la confrontation des idées est indispensable. Nous devons promouvoir la pluridisciplinarité, favoriser les interactions entre les différentes disciplines médicales, scientifiques et humaines et sociales. Face aux défis de santé contemporains, aucune discipline ne peut fonctionner seule. La recherche sera stimulée par la diversité des expertises, permettant d'aborder la santé sous un angle global et intégré, et incluant les enjeux écologiques. Pour cela, nous devons favoriser les échanges au sein des différentes composantes de notre université. Les universitaires (U) et les hospitalo-universitaires (HU) doivent également être encouragés et aidés afin de développer des partenariats, effectuer des séjours de recherche et collaborer avec des institutions nationales et internationales pour atteindre l'excellence. Ces échanges sont indispensables pour importer des innovations, monter des projets d'envergure, mais aussi faire rayonner notre faculté. Ce rayonnement permettra également d'attirer et intégrer des experts étrangers.

Comment mieux intégrer la recherche dans la formation initiale

des médecins, sages-femmes et professionnels de santé ?

L'approche scientifique doit être partie intégrante du premier cycle universitaire. Elle doit le rester dans les études médicales, et figurer dans les maquettes des formations intégrées à l'Université, processus qui s'accélère depuis 2018 (maïeutique et formations paramédicales). Concernant les études médicales, il est indispensable de conserver une formation socle de premier cycle qui permette d'appréhender des sciences fondamentales à la base de la recherche, dont la biologie et ses méthodes d'exploration. Il faut exiger l'acquisition de connaissances de base et celles-ci doivent être actualisées en permanence. En complément, sanctuariser du temps en identifiant des créneaux spécifiques pour que l'étudiant puisse travailler de façon réflexive et approfondie un sujet de recherche, encadré par un enseignant HU ou scientifique serait très pertinent. Cela exigerait de repenser totalement l'architecture pédagogique des deux dernières années de premier cycle. La limite à cette proposition est aujourd'hui la quantité des objectifs qu'il est demandé d'atteindre par les étudiants, basés trop souvent sur la simple acquisition de connaissances, ainsi que la taille croissante des cohortes d'étudiants. Outre les problèmes bâtimentaires et de stage que cela soulève, il faut souligner que le nombre d'enseignants n'a pas été adapté. Or il est indispensable d'apprendre aux étudiants à chercher, mobiliser des connaissances dont l'accès est maintenant aisé, les organiser et avoir un regard critique. Aussi doit-on réfléchir à mettre en place des méthodes pédagogiques différentes, basées notamment sur le recours aux ressources numériques dont l'intelligence artificielle (IA). Cela nécessite de recruter dans nos facultés des ingénieurs technico-pédagogiques qui épauleraient les enseignants-chercheurs HU dans ces constructions d'enseignements. Les seconde et troisième années du premier cycle des études médicales sont aussi les seules qui ne

« IL EST INDISPENSABLE D'APPRENDRE AUX ÉTUDIANTS À CHERCHER, MOBILISER DES CONNAISSANCES DONT L'ACCÈS EST MAINTENANT AISÉ, LES ORGANISER ET AVOIR UN REGARD CRITIQUE. »



soient pas sanctionnées par un concours. Elles devraient laisser du temps à un apprentissage différent, personnel mais qui inculque également la notion de travail en groupe.

En parallèle à cet enseignement destiné à l'ensemble des promotions d'étudiants, il faut bien sûr favoriser l'accès à des formations scientifiques plus poussées à ceux qui le désirent par un accès aux Masters et aux doubles cursus. Rappelons que la Faculté de Médecine propose depuis 2013 un programme de formation scientifique précoce dédié aux futurs médecins désirant s'impliquer dans la recherche biomédicale à travers un double cursus Médecine-Sciences, qui est une formation Initiative d'Excellence de l'Université de Strasbourg. La mise en place de dispositifs de soutien notamment financiers et la nécessité de recruter des enseignants-chercheurs en nombre suffisant pour assurer l'encadrement de ces formations restent à ce jour un challenge. Ceci est vrai pour la formation médicale, et plus encore pour la formation en maïeutique et les formations paramédicales qui ne pourront développer leurs axes de recherche que par le biais de recrutements d'enseignants-chercheurs dans leurs discipline, recrutement encore embryonnaire.

L'internat en médecine est l'occasion d'être immergé dans les centres hospitaliers et universitaires (CHU), d'être au contact des patients et c'est souvent à cette occasion que de futurs médecins prennent goût à la recherche cli-

nique qui y est pratiquée. Une formation à la recherche clinique de niveau Master doit être accessible. Elle pourrait être proposée aux étudiants et aux praticiens par le biais d'un « guichet unique » H et U issu de la coopération entre CHU et faculté. Ce guichet pourrait orienter également vers les structures apportant une aide administrative et méthodologique à la recherche clinique et à l'évaluation des pratiques, ainsi qu'un accès au comité d'études de l'entrepôt de données (EDS) mis en place cette année. Enfin l'intégration précoce dans les sociétés savantes, le travail en réseau sont également des éléments déterminants dans la vie d'un jeune chercheur, qui doivent être favorisés.

Quels dispositifs peuvent encourager les étudiants à s'engager tôt dans une démarche scientifique ?

La recherche ne doit effectivement pas être une découverte tardive ou un parcours du combattant, ce qu'elle a été trop souvent pour de nombreux futurs HU. Il faut faire connaître les possibilités de formations scientifiques et de mobilités ainsi que les débouchés potentiels d'une double formation médicale et scientifique par une information dispensée dès le début des cursus. Idéalement, la faculté devrait mettre en place un point d'entrée unique et accessible tout au long du cursus. Ce bureau aurait pour rôle de centraliser l'information, renseigner et orienter les étudiants, faciliter les contacts avec les équipes de recherche, faciliter les démarches

« LA RECHERCHE NE DOIT PAS ÊTRE UNE DÉCOUVERTE TARDIVE OU UN PARCOURS DU COMBATTANT, CE QU'ELLE A ÉTÉ TROP SOUVENT POUR DE NOMBREUX FUTURS HU. »

« C'EST TOUTE L'ACTIVITÉ DE RECHERCHE QUI PEUT ÊTRE IMPACTÉE SI LE TEMPS DES MÉDECINS HU DOIT ÊTRE DÉDIÉ AU SOIN AUX DÉPENS DE LEURS ACTIVITÉS UNIVERSITAIRES. »

administratives des étudiants et des équipes de recherche. Il est essentiel de mettre en avant les équipes de recherche locales, leurs thématiques spécifiques et leurs capacités d'accueil et de rendre la recherche concrète et accessible, ceci par le biais des formations scientifiques de type Masters notamment. Il faut y adjoindre une information sur les possibilités internationales d'accueil dans des structures de recherche. Les parcours de recherche ne peuvent pas être attractifs s'ils ne débouchent pas sur des emplois dans le secteur privé dont l'industrie, ou des postes dans le secteur public qui permettent aux actuels étudiants de valoriser par la suite les compétences acquises. Travailler à l'attractivité des postes HU et de la capacité des universités à en ouvrir, développer encore dans ce but l'autonomie des universités est essentiel.

Comment soutenir les jeunes hospitalo-universitaires confrontés à la double exigence du soin et de la recherche ?

Une des missions des CHU est de répondre à la demande des patients en termes de maladie rares et de soins complexes, mais aussi en termes de soins de proximité. Cette mission est difficile à mettre en œuvre car variable dans le temps, en raison des épidémies par exemple, et de plus en plus lourde en raison du vieillissement de la population et du sous-dimensionnement du système de santé par rapport aux besoins qui augmentent. C'est toute l'activité de recherche qui peut être impactée si le temps des médecins HU doit être dédié au soin aux dépens de leurs activités universitaires. Que les HU, auxquels s'associent beaucoup de praticiens hospitaliers, ne puissent faire l'économie du temps dédié aux formations en santé est évident si l'on veut diplômer de jeunes soignants. La Faculté doit aider ses enseignants grâce à une organisation précise de leur temps d'enseignement, une formation pédagogique, une aide technique par des ingénieurs pédagogiques et un accès à des outils pédagogiques modernes. Concernant la partie recherche c'est d'abord une volonté politique de sanctuariser une activité de recherche au CHU et à l'université. Elle permettra de préserver la capacité du système

de santé à innover, et à maintenir une médecine à la pointe des progrès qui se traduira par une meilleure prise en charge de la santé de la population. Cela doit être considéré comme une mission de santé publique au même titre que le soin. Cela passe par une réflexion sur les besoins en postes HU, le besoin de renforcer les effectifs, et sur leur attractivité. A ce jour, avec les moyens disponibles, une coordination étroite CHU-Faculté est nécessaire pour libérer du temps U pour les HU ; la question d'une organisation plus flexible et du respect du temps minimal nécessaire au travail de recherche se pose, même s'il ne résoudra pas tout. Soulignons que les missions dévolues aux HU peuvent évoluer tout au long de la carrière, qui n'est pas linéaire. Celle-ci évolue généralement, avec l'acquisition d'une plus grande maturité scientifique vers l'encadrement d'équipes, la gestion de projets de recherche, le mentorat des jeunes HU et l'expertise clinique de pointe. L'université propose des formations de management d'équipes, management de plus en plus complexe en raison du caractère de plus en plus pluridisciplinaire des équipes. La faculté et le CHU doivent créer des instances mixtes dédiées à la stratégie HU. Ces instances permettraient de mettre en place un parrainage où un HU senior accompagne un HU junior ou un futur HU, apportant une aide pour définir, construire et gérer l'équilibre entre les différentes missions HU. Le projet original « excellence et attractivité HU » qui réunit les Hôpitaux Universitaires de Strasbourg et la faculté intègre cette notion de mentorat et y associe une aide financière sous forme d'un « welcome package » destiné à soutenir un projet de recherche pour chaque jeune HU nommé. Enfin les HU doivent connaître et échanger avec le département des relations internationales de la faculté pour bénéficier de ses soutiens.

En quoi l'interdisciplinarité entre médecine, maïeutique, pharmacie et sciences de la santé peut-elle renouveler les objets de recherche ?

L'interdisciplinarité se traduit par une complémentarité des compétences techniques et scientifiques qui bénéficie aux recherches dans les sciences « dures » et cli-



niques. La combinaison de données cliniques, biologiques et environnementales ouvre la voie à la médecine de précision et à la personnalisation des soins. L'interdisciplinarité a abouti également à une modification de la façon dont les soins sont appréhendés : d'une logique curative centrée sur une maladie ou un épisode aigu, à une approche intégrative centrée sur la personne, son environnement et le contexte social. Le vieillissement de la population et l'augmentation des maladies chroniques ont modifié le mode de prise en charge des patients, qui prend en compte la qualité de vie, le maintien de l'autonomie et de l'insertion sociale. Cette évolution conduit à une médecine qui promeut la santé grâce à la collaboration de tous les acteurs du système de soins. L'interdisciplinarité élargit donc le champ d'investigation en associant des domaines auparavant distincts, créant des liens entre la biologie, les sciences du médicament, les sciences comportementales et les sciences sociales. La recherche doit intégrer l'évaluation de l'organisation des soins, qui intègre maintenant l'e-santé, de la qualité des services, et de la continuité et des parcours de soins. La place des maïeuticiens, infirmiers, du pharmacien dans la prévention, les soins premiers et la prise en charge initiale doit être redéfinie. Tout particulièrement, l'interdisciplinarité doit aider à la conception de programmes de prévention, la politique actuelle étant basée sur des moyens insuffisants et aboutissant à des résultats médiocres

dans notre pays. Cela nécessite de développer au cours des formations aux métiers en santé un socle commun de connaissances, une réflexion sur les spécificités de chaque métier ainsi que des temps communs de mise en situation, de simulation portant sur des situations et des problématiques communes. Parmi ces problématiques, l'éducation en santé de la population générale est essentielle afin de permettre aux individus de développer les compétences nécessaires pour prendre des décisions dans ce domaine. L'information de la population est fortement impactée par la consultation d'internet, des réseaux sociaux, marqué par la désinformation ; le développement d'une stratégie de communication en santé, ses enjeux et ses bonnes pratiques, est un objectif interdisciplinaire. Enfin, tout travail de recherche doit intégrer une réflexion sur l'éco-responsabilité dans les pratiques de santé et les politiques publiques.

Les questions de recherche deviennent plus complexes, passant de la causalité simple à l'analyse de systèmes interactifs. Par exemple, l'étude de l'impact des perturbateurs endocriniens ou du changement climatique sur la santé nécessite une collaboration étroite entre épidémiologistes, écologues, toxicologues et spécialistes des politiques de santé publique. La recherche intègre désormais l'interaction entre les écosystèmes et la santé humaine, reconnaissant que la santé humaine est indissociable de la santé animale et environnementale.

« LES QUESTIONS DE RECHERCHE DEVIENNENT PLUS COMPLEXES, PASSANT DE LA CAUSALITÉ SIMPLE À L'ANALYSE DE SYSTÈMES INTERACTIFS. »

« UNE FACULTÉ DE SANTÉ
PEUT CONTRIBUER
À L'ATTRACTIVITÉ
SCIENTIFIQUE PAR LE
BIAIS DE L'EXCELLENCE
DE LA RECHERCHE,
DE L'ANCRAGE
INSTITUTIONNEL,
DU RAYONNEMENT
INTERNATIONAL ET
DE LA QUALITÉ DE LA
FORMATION QU'ELLE
DISPENSE. »

Comment une faculté de santé peut-elle contribuer à l'attractivité scientifique d'un site hospitalo-universitaire ?

Une faculté de santé peut contribuer à l'attractivité scientifique par le biais de l'excellence de la recherche, de l'ancrage institutionnel, du rayonnement international et de la qualité de la formation qu'elle dispense.

L'attractivité d'une institution repose d'abord sur sa capacité à produire des connaissances de haut niveau, et donc par la production scientifique : publications dans des revues à comité de lecture, brevets déposés et un taux de citations élevé qui démontrent l'impact des travaux menés. Cette production scientifique est conditionnée par la génération de ressources financières grâce à l'obtention de contrats de recherche nationaux et internationaux, qui signe la confiance des financeurs. La capacité à établir des partenariats avec les industriels est aujourd'hui indispensable compte tenu de l'importance des technologies de pointe dans la génération des connaissances et l'innovation en médecine et chirurgie. L'attractivité dépend de la présence d'équipes solides et de leaders charismatiques. La place de la recherche médicale portée par des médecins doit être réaffirmée et soutenue ; il faut aider les médecins en exercice qui le désirent à porter des unités de recherche en les déchargeant d'autres missions. La capacité à développer des collaborations avec d'autres équipes, qui notamment disposent de compétences transversales comme la bio-ingénierie, la bio-informatique, créent un environnement stimulant qui attire de jeunes chercheurs et des talents post-doctoraux. Afin de stimuler l'innovation, une collaboration étroite entre les collectivités locales et l'université peut attirer des entreprises de santé innovantes et favoriser la création de start-ups, idéalement à proximité des structures HU. Enfin, la remise de prix et distinctions scientifiques témoigne de la reconnaissance par les pairs et renforce l'aura de l'institution.

Une faculté bien intégrée dans son université bénéficie de l'image de celle-ci. Elle bénéficie également d'un écosystème diversifié, de synergies avec les autres compo-

santes, que cela soit en sciences fondamentales, sciences du numérique, sciences humaines, etc. Ces croisements disciplinaires favorisent les innovations majeures. Il faut également créer une stratégie de recherche cohérente entre la faculté, l'université, les organismes de recherche et le CHU, afin de favoriser la lisibilité des axes de recherche identifiés et l'allocation de ressources humaines et financières en évitant un « saupoudrage » souvent inefficace.

L'organisation régulière d'événements scientifiques et médicaux de haut niveau constitue un levier essentiel d'attractivité. Des rencontres qui rassemblent des experts de renommée mondiale favorisent un dialogue scientifique et des échanges propices à l'émergence de nouvelles idées et de partenariats futurs. Ils doivent accueillir des chercheurs juniors, permettant de nouer des liens en vue d'échanges et de mobilités entre institutions et de motiver ces derniers. Ces colloques permettent de se maintenir à la pointe des connaissances sur les sujets d'actualité scientifique, renforcent la notoriété de la faculté, mais consolident également son rôle de pôle d'excellence et d'innovation au service de la santé.

Enfin, la qualité de la formation dispensée est plus qu'un indicateur pédagogique et participe à l'attractivité de la faculté. Les formations scientifiques exigeantes, tournées vers l'innovation et associant des partenaires académiques et industriels de haut niveau attirent les talents qui seront les HU et chercheurs de demain. Un objectif majeur est de réaliser le transfert des connaissances vers la pratique clinique et d'assurer une continuité de la recherche en santé depuis le « fondamental » jusqu'à « l'appliqué ». Ceci grâce à une coordination universitaire de la recherche en santé en collaboration avec l'ensemble des acteurs, et particulièrement les CHU. L'attractivité doit aussi se décliner sur l'ensemble du territoire, notamment en créant des postes hospitalo-universitaires territoriaux, qui renforceraient leur attractivité médicale et scientifique en créant des liens entre recherche académique, pratique clinique et entreprises. •

Pr^e Esther Kellenberger doyenne de la Faculté de pharmacie

« Réinventer la pharmacie »

Comment la pharmacie peut-elle affirmer sa place dans une stratégie de recherche en santé de site ?

La pharmacie peut affirmer sa place dans la stratégie du site strasbourgeois en étant un acteur à part entière et intégré de la recherche biomédicale. En position d'expert du médicament et des produits de santé, elle est à même de garantir la pertinence pharmaceutique des projets de découverte et de développement.

Les attentes sociétales en matière de santé n'ont jamais été aussi grandes, mais le contexte économique complexe actuel impose des arbitrages délicats. Dans ce cadre, la pharmacie doit valoriser son rôle singulier... Sa maîtrise du cycle de vie du médicament, ses connaissances pharmacologiques, son expertise en qualité et sécurité la rendent indispensable dans la recherche de nouvelles thérapies ou d'outils de diagnostic.

La pharmacie à Strasbourg dispose d'excellents atouts. Ses enseignants-chercheurs et chercheurs sont de haut niveau, capables de traduire l'innovation scientifique en applications concrètes. Sa compétence

est reconnue dans le « *drug discovery* », avec un continuum du fondamental au préclinique, une interdisciplinarité ancrée et effective, un positionnement polyvalent, couvrant un large spectre de classes thérapeutiques et une dynamique de valorisation.

Il s'agit maintenant de poursuivre la structuration de site et de cibler les moyens adéquats. La dynamique est amorcée avec le projet de construction d'un nouveau bâtiment dédié à la recherche en pharmacie à Illkirch-Graffenstaden, poursuivant l'ancrage de la chimie-biologie pour la santé dans le campus sud de l'Unistra. Aussi, le moment est opportun pour développer le lien avec la pharmacie clinique, à l'interface avec la mé-

decine, en s'appuyant sur des personnels hospitalo-universitaires.

Notre ambition est que demain, la pharmacie soit un partenaire incontournable de la recherche au service de la santé de nos concitoyens, inscrite dans une politique nationale et européenne progressiste et de souveraine.

En quoi les approches *in silico* transforment-elles la découverte et l'optimisation de molécules thérapeutiques ?

Je vois trois avantages majeurs aux approches *in silico* :

- L'économie de ressources. La modélisation, qui est au cœur des approches *in silico*, s'est installée dans la recherche pharmaceutique pour tester rapidement et virtuellement de nombreuses hypothèses, par exemple le criblage virtuel de chimiothèque pour la découverte de molécules bioactives.

- L'accès à un espace chimique sans limite. En dix ans, la capacité pratique de calcul pour la simulation scientifique a gagné un à deux ordres de grandeur. Transposé au test virtuel, ce changement d'échelle représente le passage de collection synthétiques com-

prenant quelques centaines de molécules en stock à des chimiothèques virtuelles comprenant des milliards de composés.

- Des candidats-médicament plus efficaces et plus sûrs. Les modèles informatiques ne se limitent pas tester virtuellement la liaison sur une cible moléculaire d'intérêt thérapeutique, ils permettent d'approcher plus généralement les autres propriétés physico-chimiques et fonctionnelles des candidats-médicament (devenir du médicament dans l'organisme, toxicité).

Quels sont les apports réels, mais aussi les limites de l'IA dans la recherche pharmaceutique ?

L'IA promet de transformer les ap-



Esther Kellenberger est professeure de bio-informatique et doyenne de la Faculté de Pharmacie de Strasbourg depuis 2023, Esther Kellenberger co-dirige l'équipe de Chémogénomique et Chimie Médicinale du Laboratoire d'Innovation Thérapeutique. Spécialiste de la découverte de molécules bioactives par criblage virtuel et analyse structurale des protéines, ses recherches récentes portent sur les ligands biaisés des récepteurs couplés aux protéines G et la recherche de nouveaux antibiotiques.

« LA PHARMACIE DOIT VALORISER SON RÔLE SINGULIER : SA MAÎTRISE DU MÉDICAMENT, DE LA QUALITÉ ET DE LA SÉCURITÉ LA REND INDISPENSABLE À L'INNOVATION THÉRAPEUTIQUE. »

« IL FAUT UNE INTELLIGENCE HUMAINE POUR POSER UNE QUESTION PERTINENTE, ÉVALUER LES BIAIS ET LES LIMITES D'UN MODÈLE, PUIS VALIDER SES PRÉDICTIONS EXPÉRIMENTALEMENT. »

proches *in silico* pour la découverte et l'optimisation de molécules thérapeutiques. Elle fournit des outils sophistiqués pour des apprentissages complexes, faisant évoluer les modèles prédictifs classiques, tels que le criblage virtuel, vers des approches génératives capables de concevoir et prioriser des molécules selon plusieurs critères pharmacologiques.

Les outils génératifs deviennent également de véritables assistants pour les chercheurs en *Computer-Aided Drug Design*. Nul besoin désormais de savoir coder pour créer des programmes informatiques ! La communauté observe le début de foisonnement d'outils disponible pour tous.

Tout le processus n'est évidemment pas entre les mains de l'IA. La qualité, la représentativité et la traçabilité des données conditionnent directement la pertinence des résultats produits. Il faut toujours une intelligence humaine pour poser une question pertinente, construire un modèle utile, évaluer ses performances, ses biais, ses limites et sa robustesse, puis valider ses prédictions expérimentalement. En un mot, la qualification scientifique va bien au-delà du traitement automatisé des données.

Comment renforcer les liens entre chimie thérapeutique, biologie structurale, pharmacologie et clinique ?

Les liens entre chimie thérapeutique, biologie structurale, pharmacologie et clinique existent déjà et ont notamment été favorisés par les Instituts thématiques interdisciplinaires de l'Unistra. L'enjeu est désormais de consolider et d'amplifier cette dynamique, en s'appuyant sur la richesse des talents présents sur le site.

Il s'agit ainsi de favoriser les interactions entre les différentes expertises, notamment clinique, et d'encourager leur mobilisation autour de projets communs. Cette dynamique pourra notamment s'inscrire dans des projets ambitieux, en veillant à ce que l'ensemble des équipes de recherche compétentes puissent y contribuer.

La formation joue également un rôle dans la construction d'une culture commune au sein d'un écosystème riche et diversifié. Les étudiants en santé peuvent constituer

un véritable trait d'union entre ces différents environnements, eux qui ont naturellement l'occasion, au cours de leur cursus, de s'immerger dans l'univers hospitalier comme dans celui des laboratoires de recherche. Ces expériences favorisent une meilleure connaissance des disciplines et des métiers, et peuvent contribuer à créer des liens entre ces différents univers.

Quelles compétences nouvelles faut-il transmettre aux étudiants en pharmacie pour préparer les produits de santé de demain ?

La première compétence, c'est peut-être justement la capacité à travailler dans un environnement pluridisciplinaire. Cette pluridisciplinarité est au cœur du cursus de pharmacie : le pharmacien est à la croisée de nombreuses disciplines, de la chimie et de la biologie jusqu'à la clinique, mais aussi de l'ingénierie, du numérique ou encore des sciences humaines et sociales. Avec, en toile de fond, la santé, qui vient donner du sens à cet ensemble et à l'articulation entre ces différentes disciplines.

Il faut d'ailleurs souligner à quel point le cursus de pharmacie a évolué ces dernières années. Une transformation profonde est engagée, avec davantage de décloisonnement entre les disciplines, le développement d'approches par compétences et de mises en situation, et une professionnalisation accrue, qui permet de mieux prendre en compte les réalités du terrain. La réforme du troisième cycle court, appliquée à la rentrée 2026 avec la mise en place de DES courts pour les filières officine et industrie-recherche, s'inscrit pleinement dans cette évolution.

Cette préparation passe aussi par le développement des compétences relationnelles et comportementales. Savoir travailler en équipe, dialoguer avec d'autres professionnels, comprendre leurs contraintes, savoir présenter et défendre un point de vue ou encore collaborer autour d'un projet sont devenus des qualités essentielles dans un environnement où les produits de santé sont de plus en plus complexes et mobilisent de multiples expertises.

Il faut aussi former les jeunes dans leur temps. La connaissance ne se construit pas uniquement dans le strict cadre universitaire : les étudiants vont chercher, confrontent



et partagent aujourd'hui leurs connaissances à travers de multiples canaux et au sein de communautés diverses. L'enjeu n'est donc pas de s'opposer à ces nouvelles sources de savoir, mais de leur donner les moyens de les questionner, d'en évaluer la fiabilité et de développer leur esprit critique. C'est aussi leur apprendre à apprendre, pour que cette capacité devienne une évidence tout au long de leur parcours professionnel.

Enfin, le savoir-être et la dimension éthique doivent eux aussi évoluer avec les transformations du métier. L'arrivée de nouvelles missions, de nouvelles technologies et d'innovations thérapeutiques pose continuellement de nouvelles questions en matière de responsabilité, de confiance ou encore de décision. Former le pharmacien de demain, c'est donc aussi lui donner les repères nécessaires pour exercer son jugement et faire en sorte que l'innovation reste au service de la santé.

Comment faire de la Faculté de pharmacie un lieu central de l'innovation biomédicale strasbourgeoise ?

Le nouvel Institut de recherche en pharmacie à Illkirch-Graffenstaden pourrait devenir un véritable hub de l'innovation en sciences du médicament et produits de santé,

qui s'appuierait sur les forces déjà présentes. Je crois beaucoup à une logique de réseau : des lieux qui ont chacun une identité et une vocation fortes, mais qui sont suffisamment connectés pour créer des synergies. L'enjeu serait finalement de donner plus de lisibilité et de puissance à l'ensemble, sans gommer la richesse de ses différentes composantes.

Concrètement, cela passe par des projets interdisciplinaires réunissant chercheurs, étudiants et cliniciens autour de problématiques concrètes, mais aussi par des espaces ouverts et partagés dédiés aux rencontres, au prototypage, à l'expérimentation et la démonstration. L'éducation doit également être pleinement intégrée à cette dynamique. Enfin, une programmation d'événements, et de partenariats participerait à renforcer l'attraction du site.

L'ambition, au fond, serait de faire de la faculté de Pharmacie non seulement un lieu où l'on forme des pharmaciens et autres professionnels du médicament et des produits de santé et qui héberge des unités de recherche d'excellence, mais une unité de formation et de recherche reconnue et fédératrice où l'innovation circule, se partage et se transforme en progrès pour la santé. •

L'AMBITION EST DE FAIRE DE LA FACULTÉ DE PHARMACIE UN LIEU FÉDÉRATEUR OÙ L'INNOVATION CIRCULE, SE PARTAGE ET SE TRANSFORME EN PROGRÈS POUR LA SANTÉ.

Pr Rémi Barillon vice-président « Recherche » de l'Unistra « Santé : renforcer le continuum »



Rémi Barillon est professeur à la Faculté de chimie de l'Université de Strasbourg (Institut pluridisciplinaire Hubert-Curien.) il est vice-président Recherche, formation doctorale et science ouverte de l'Université de Strasbourg.

Comment la politique de recherche de l'Université peut-elle soutenir la stratégie de santé du site strasbourgeois ?

Il ne faut pas nier les difficultés auxquelles sont aujourd'hui confrontés tous les organismes de recherche et toutes les universités. Ces défis nous mettent aussi face à nos responsabilités, en particulier celle de définir une stratégie co-construite avec l'ensemble de nos partenaires : le CNRS, l'Inserm, l'Inria et, bien sûr, les Hôpitaux Universitaires de Strasbourg (HUS).

Nous nous attachons, avec eux, à créer un continuum allant de la recherche fondamentale jusqu'au patient. Pour illustrer notre détermination malgré la conjoncture, je citerai le choix fort de l'Unistra, de l'Inserm et du CNRS d'assurer la pérennisation de l'un de nos laboratoires phares, l'IGBMC. En transformant ses unités d'appui à la recherche en unités mixtes de recherche (UMR) pleines et entières, nous consolidons durablement ce site majeur.

Dans cet environnement, la création du Centre de recherche en biomédecine de Strasbourg (CRBS) constitue un autre jalon clé. En rassemblant dix équipes mixtes au cœur même des HUS, il favorise les synergies quotidiennes entre chercheurs et cliniciens. Je n'oublie pas également la réussite de l'IHU.

Nous affichons également une nouvelle ambition stratégique sur le numérique aux côtés de l'Inria, avec l'objectif de devenir un centre Inria à part entière dans les prochaines années. Cette trajectoire s'inscrit dans notre participation au cluster IA Grand Est (ENACT), mené avec l'Université de Lorraine, l'Inria, le CNRS, l'Inserm et les HUS. Ce projet intègre un axe entièrement dédié à la santé numérique, visant à apporter un meilleur soutien aux patients, aux médecins et aux personnels médicaux tout au long du parcours de soin.

Cet écosystème repose par ailleurs sur une interdisciplinarité structurée et mutualisée. Elle se déploie grâce à nos Instituts Thématiques Interdisciplinaires (ITI), dont un grand nombre est consacré au domaine de la santé, dotés d'un fort soutien financier. Cette volonté de

structuration s'appuie également sur le réseau CORTECS, dédié à l'investissement, au fonctionnement et à la maintenance de nos plateformes technologiques, dont près de la moitié concerne la biologie, la santé et la médecine.

Ce continuum, de la recherche fondamentale jusqu'au patient, ne peut pleinement s'accomplir sans une politique forte de valorisation et de transfert de technologie. Strasbourg est aujourd'hui citée en exemple au niveau national grâce au déploiement de son Pôle Universitaire d'Innovation (PUI) Alsace. Ce dispositif unique sécurise le passage vers l'innovation de rupture, en parfaite synergie avec le pôle de compétitivité BioValley France et NextMED, le campus des technologies médicales situé en plein cœur de l'Hôpital Civil.

Quelle place faut-il accorder aux doctorants et jeunes chercheurs dans la construction d'un écosystème biomédical ambitieux ?

Nous sommes dans un contexte démographique très défavorable. Dans les dix ans qui viennent, près de 25 % de l'ensemble de nos personnels, qu'il s'agisse des chercheurs, des enseignants-chercheurs, mais aussi des ingénieurs et des techniciens qui font tourner nos laboratoires, vont partir à la retraite. Nous devons construire dès aujourd'hui, avec tous nos partenaires, une politique d'attractivité particulièrement ambitieuse.

Nous avons déjà d'importants leviers comme le cluster Enact, qui nous permet de recruter des chaires externes et d'attirer de nombreux doctorants et doctorantes de très haut niveau. Certains de nos Instituts Thématiques Interdisciplinaires proposent aussi des chaires et des politiques d'accueil pour les nouveaux arrivants. Nous avons pu bénéficier de 14 chaires de professeur junior dans les 4 dernières années à l'Unistra.

Nous allons devoir intensifier ce type d'actions dans les années qui viennent.

Notre responsabilité, est de permettre à ces jeunes de s'installer sereinement et de les placer dans le meilleur environnement possible. Pour moi, un des principaux pro-

« NOTRE ÉCOSYSTÈME REPOSE SUR UNE INTERDISCIPLINARITÉ STRUCTURÉE ET MUTUALISÉE. »

blèmes c'est le temps. Nous devons impérativement repenser et redéfinir nos dispositifs pour donner à ces jeunes talents du temps disponible pour mettre en place leur activité de recherche. C'est particulièrement vrai pour les profils hospitalo-universitaires, qui sont écartelés entre leurs trois missions à l'hôpital et à l'Université. Ce besoin de libérer du temps pour la recherche, c'est un défi qui concerne également tous les enseignants-chercheurs de notre université. La recherche ne doit pas être une variable d'ajustement.

Comment concilier science ouverte et protection des données sensibles en santé ?

À l'Université de Strasbourg nous disposons, de toutes les compétences juridiques et éthiques pour encadrer cette ouverture des données. Je ne suis ni médecin, ni juriste et je m'exprime ici en tant que citoyen. Il est important pour moi de rappeler que les données en santé n'appartiennent ni aux hôpitaux, ni aux médecins, ni aux universités, ni aux chercheurs. Les données en santé appartiennent exclusivement aux patients. C'est en garantissant aux citoyens une transparence totale, avec l'anonymisation requise que nous obtiendrons leur confiance.

La priorité absolue, c'est l'acculturation de tous nos chercheurs, enseignants-chercheurs, médecins à produire de bonnes données. C'est le rôle pivot du service ADELE, notre atelier de la donnée lié à l'UMS nationale « Recherche Data Gouv », mis en place à l'Université. Ce service pilote ce travail de fond sur l'acculturation pour que chaque chercheur adopte les bons réflexes de gestion et de protection tout en l'aidant à trouver le bon entrepôt de dépôt.

C'est seulement dans un deuxième temps, une fois cette culture de la qualité acquise, que l'on peut envisager d'ouvrir les données et de les partager avec les communautés de notre choix. Dans ce domaine, il ne faut pas être naïf, la science ouverte ne doit pas être une porte ouverte au pillage. Cela doit être une ouverture choisie, maîtrisée et réciproque.

Nous devons établir entre partenaires du site (HUS, CNRS, Inserm, Unistra) une politique partagée pour les données de la santé. Nous nous réjouissons de l'ouverture de

l'entrepôt de données de santé aux HUS. Nous devons maintenant définir, entre partenaires, les conditions pour que ces données puissent être partagées en toute sécurité avec tous les laboratoires de recherche de Strasbourg, en tenant compte de la spécificité de ces données de santé.

Quels outils peuvent favoriser l'interdisciplinarité sans alourdir inutilement les dispositifs de gouvernance ?

Sur ce plan, Strasbourg possède une longueur d'avance remarquable avec la création et la mise en place, en 2021, de 15 Instituts Thématiques Interdisciplinaires financés par notre initiative d'excellence (IdEx) dont 5 sont dédiés aux sciences de la vie. Nous avons depuis été copiés par de nombreuses autres universités.

Des moyens financiers conséquents et pérennes ont été directement mis à disposition de ces Instituts (plus de 10 millions d'€ par an), avec une confiance totale accordée à l'initiative des chercheurs, sans imposer de cadre strict ou rigide d'utilisation de ces enveloppes. Une évaluation à mi-parcours a été réalisée en juillet 2024 par un jury international qui a statué sur le renouvellement de 13 projets initiaux et la création de 2 nouveaux projets jusqu'en 2028.

Comme l'échéance de ces ITIs est programmée en 2028, Je profite de cette tribune pour appeler l'ensemble des acteurs à engager dès à présent une réflexion profonde sur l'avenir de ces instituts. Particulièrement en sciences de la vie et de la santé, afin de viser une convergence encore plus forte entre la chimie, la biologie, la physique, l'ingénierie, les mathématiques, l'informatique et les sciences humaines et sociales, pour continuer à porter l'excellence de notre recherche en santé.

Comment mieux reconnaître le rôle des plateformes technologiques, des infrastructures et des personnels d'appui à la recherche ?

Quand je parlais plus haut de définir une politique d'attractivité, cette politique concerne autant nos ingénieurs et techniciens que nos chercheurs et enseignant-chercheurs. Nous nous devons d'attirer et de fidéliser les ingénieurs et techniciens de très haut niveau

« STRASBOURG POSSÈDE UNE LONGUEUR D'AVANCE REMARQUABLE AVEC LA CRÉATION ET LA MISE EN PLACE, EN 2021, DE 15 INSTITUTS THÉMATIQUES INTERDISCIPLINAIRES. »



▲ Palais Universitaire de Strasbourg.
© DR.

qui conçoivent et font tourner nos plateformes. Sans eux, il n'y a tout simplement pas de recherche d'excellence possible.

C'est pour cela qu'avec le CNRS et l'Inserm, nous avons développé une stratégie de mutualisation en créant le réseau des plateformes scientifiques de recherche et de service de l'Université de Strasbourg (CoRTecS). 70 plateformes

sont aujourd'hui labélisées avec une aide au financement pilotée par la commission recherche de l'Université. Ce réseau offre aussi un service d'accompagnement aux plateformes pour améliorer la qualité, rationaliser la gestion et mettre en place une tarification transparente et auditable.

Pour les personnels, c'est permettre de travailler en réseaux de com-

pétences à l'échelle de tout le site alsacien pour rompre l'isolement dans les laboratoires et leur donner les possibilités de progresser en termes de carrière. Cela doit être un moyen, pour les tutelles de proposer des offres de formation plus adaptées aux réalités changeantes des plateformes.

D'un point de vue reconnaissance par les tutelles, nous avons créé le « Prix Expertise » mis en place par la Commission recherche de l'université. Ce prix a été spécifiquement conçu pour valoriser et mettre en lumière le travail collectif et individuel de nos personnels d'appui à la recherche. Il est attribué tous les 2 ans, en alternance avec le « Prix Espoir » destinée aux chercheurs et enseignant-chercheurs sans distinction d'appartenance à une tutelle ou à une autre.

Les lauréates et lauréats de l'édition 2026 ont été mis en lumière lors de la cérémonie de rentrée de l'Université le 10 septembre dernier.

Un enjeu majeur pour les prochaines années sera également de trouver les fonds nécessaires pour continuer à investir dans des équipements de pointe en recherche et assurer leur maintenance.

Quels critères permettent d'évaluer la réussite d'une stratégie de recherche à l'échelle d'une université ?

Vaste question ! Après avoir personnellement vécu ces processus en tant que chercheur, directeur d'unité et vice-président, j'appelle de mes vœux un retour à la raison : celui de privilégier une évaluation qualitative, menée par un jury en chair et en os prenant le temps d'aller à la rencontre des équipes sur le terrain. À l'heure où notre université élabore sa nouvelle mouture du COMP (Contrat d'objectifs, de moyens et de performance), où le M s'apparente d'ailleurs plus à Missions qu'à Moyens, saisissons l'opportunité de définir des critères réellement utiles à notre communauté. Notre volonté est de déployer une politique pour renforcer la visibilité et le référencement des productions scientifiques de l'Unistra. Nous constatons malheureusement qu'un trop grand nombre de publications souffrent encore d'un mauvais référencement (erreurs dans la dénomination des tutelles ou dans les adresses), ce qui nuit directement à notre renommée et à notre attractivité. Cette straté-

gie doit devenir un outil d'aide au pilotage pour les chercheurs, les directions d'unités et l'établissement, afin de mesurer précisément l'impact de nos recherches et de nos stratégies aux niveaux national, international et sociétal.

Comment renforcer la visibilité nationale et internationale de la recherche en santé menée à Strasbourg ?

Comme je l'ai évoqué précédemment, notre site s'est doté d'un écosystème performant qui structure le continuum de la santé, de la recherche fondamentale jusqu'au patient, tout en favorisant la valorisation et le transfert de technologie, adossé au service Euraxess dédié à l'accueil des chercheurs étrangers.

Il apparaît toutefois indispensable de structurer une véritable politique internationale commune pour la recherche entre les HUS, l'Inserm, l'Inria, le CNRS et l'Unistra. Pour cela, nous devons capitaliser pleinement sur notre atout le plus singulier ; le statut de Strasbourg comme capitale européenne, avec une présence et une visibilité plus accrue au Parlement européen et au Conseil de l'Europe.

Cette vocation européenne doit s'affirmer avec force au sein du Campus européen Eucor et de l'alliance EPICUR, en déployant des chaires d'excellence internationales conjointes sur le modèle des réussites déjà observées en droit, en sciences quantiques ou en développement durable.

Dans la même dynamique, il conviendra de réactiver des cofinancements de programmes doctoraux et postdoctoraux en santé à travers le dispositif européen CO-FUND. Enfin, la signature récente d'un protocole d'accord avec l'ensemble des partenaires d'Eucor pour le partage effectif de nos plateformes techniques constitue une avancée majeure en posant les bases opérationnelles d'un véritable espace commun de recherche transfrontalier et européen. Nous devons aussi nous appuyer sur le réseau KTUR (Knowledge Transfer Upper Rhine) qui accompagne, sous la coordination de l'Université de Strasbourg, le transfert de connaissance et de technologies dans la région trinationale du Rhin supérieur. •

« J'APPELLE DE MES VŒUX UN RETOUR À LA RAISON : CELUI DE PRIVILÉGIER UNE ÉVALUATION QUALITATIVE, MENÉE PAR UN JURY EN CHAIR ET EN OS PRENANT LE TEMPS D'ALLER À LA RENCONTRE DES ÉQUIPES DE TERRAIN. »

Pr^e Valérie Lamour vice-présidente Recherche Unistra

« De la recherche fondamentale au patient »



© Catherine Schröder/Unistra

Valérie Lamour est professeure au Laboratoire de biochimie et biologie moléculaire des Hôpitaux universitaires de Strasbourg. Elle est vice-doyenne Recherche de la Faculté de médecine et vice-présidente déléguée Recherche, Sciences de la vie et Santé de l'Université de Strasbourg.

« LES SCIENCES FONDAMENTALES SONT LE SOCLE INDISPENSABLE DE TOUTE STRATÉGIE DE RECHERCHE EN SANTÉ. »

Pourquoi les sciences fondamentales demeurent-elles indispensables à une stratégie de recherche en santé ?

Les sciences fondamentales sont le socle indispensable de toute stratégie de recherche en santé. Elles décrivent les mécanismes moléculaires et cellulaires qui sous-tendent les processus physiologiques et pathologiques. Cette connaissance permet d'identifier de nouvelles cibles thérapeutiques et des biomarqueurs fiables, sans quoi les projets appliqués ne pourraient se fonder et se développer sur des raisonnements scientifiques solides.

Leur impact se traduit concrètement : la compréhension du récepteur EGFR a conduit aux inhibiteurs de tyrosine kinase, premier traitement ciblé du cancer du poumon ; la découverte du système CRISPRCas9, issue d'études fondamentales en microbiologie, a ouvert la voie aux thérapies géniques personnalisées. Ces avancées, rendues possibles grâce à des décennies de recherche fondamentale, mue par la curiosité et le désir de comprendre, illustrent comment la quête de connaissance pure alimente l'innovation biomédicale actuelle.

L'exemple de l'Université de Strasbourg montre comment une synergie entre équipes fondamentales, universitaires et d'organismes nationaux (CNRS, Inserm, Inria, Inrae), maintient l'excellence scientifique et la visibilité internationale, même dans un contexte contraint budgétairement. Cette excellence repose sur une forte interdisciplinarité : la chimie organique, la biologie structurale, la bioinformatique et la physiologie s'alimentent mutuellement, chaque discipline apportant son expertise de base.

Enfin, la liberté créative et la sérénité restent des facteurs clés. L'autonomie des disciplines fondamentales favorise les découvertes imprévues qui, à moyen ou long terme, se révèlent souvent majeures pour la santé. Ainsi, même si les pressions économiques incitent à orienter la recherche vers des projets à court terme, préserver un socle de recherche fondamentale

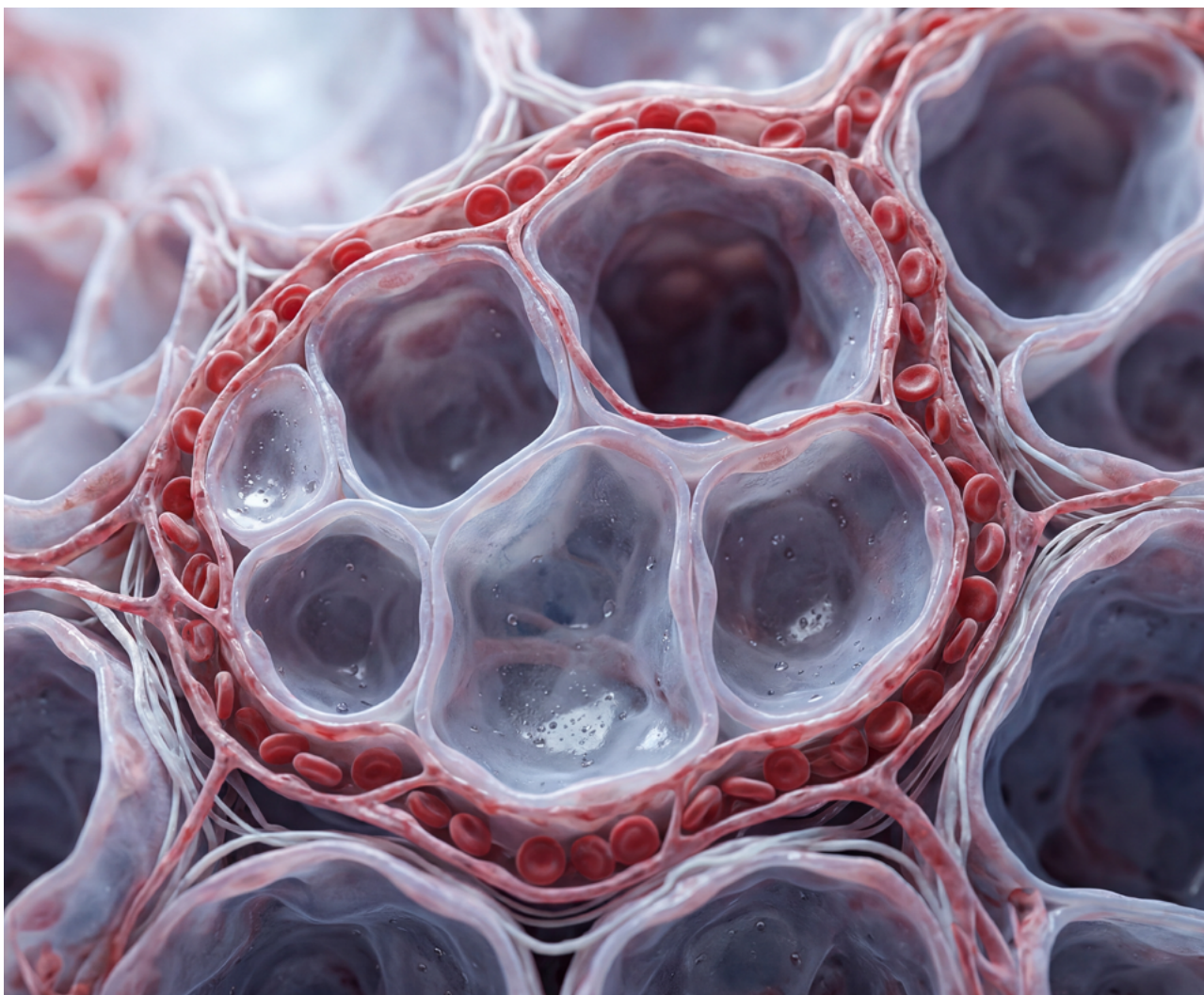
garantit un retour sur investissement durable et souvent imprévisible, indispensable à la stratégie globale de la recherche en santé.

Comment la biologie structurale contribue-t-elle à comprendre les mécanismes intimes des maladies ?

La biologie structurale vise à déterminer et à analyser l'architecture tridimensionnelle des macromolécules biologiques (telles que les protéines, l'ADN et l'ARN) et de leurs complexes. Elle repose sur l'utilisation de technologies d'imagerie moléculaire (synchrotrons, cryo-microscopes électroniques) qui permettent de « voir » l'infiniment petit. En reliant la structure spatiale de ces molécules à leur fonction biologique, cette approche permet de comprendre les mécanismes moléculaires, et leurs enchaînements, à l'échelle atomique, essentielle pour décrypter les processus cellulaires normaux aussi bien que dans des contextes variés de pathologies et, ainsi, concevoir de nouveaux composés thérapeutiques.

Les découvertes permises par la biologie structurale ont été récompensées par des dizaines de prix Nobel, depuis la double hélice de l'ADN jusqu'aux machines complexes impliquées dans l'expression des gènes. C'est un domaine pluridisciplinaire qui a subi plusieurs révolutions technologiques, numériques et informatiques dans les 15 dernières années et qui aujourd'hui, ouvre la possibilité d'analyser les macromolécules biologiques directement dans les cellules. Ces techniques sont maintenant couplées avec les approches prédictives basées sur la physico-chimie du vivant et les analyses intégrées de l'intelligence artificielle.

Bien établie dans les protocoles de recherches de nouveaux médicaments, ou drug design, tant en milieu académique que pharmaceutique, la biologie structurale permet également d'éclairer les relations génotype-phénotype, par exemple dans les maladies génétiques ou le cancer. Grâce à ses avancées technologiques à l'échelle cellulaire, elle ouvre de



nouvelles perspectives diagnostiques, à l'interface avec l'histologie et d'autres imageries cellulaires ou médicales.

Quels liens peut-on renforcer entre les grands instituts de recherche fondamentale et les équipes hospitalières ?

Aujourd'hui on observe de façon croissante que les cliniciens et personnels hospitalo-universitaires, et plus globalement les professionnels de santé, s'insèrent dans les unités mixtes de recherche. Cette diffusion des cliniciens dans l'écosystème de recherche, encore insuffisante, est indispensable pour que des synergies se créent et que les questions cliniques émergeant au lit du malade soient explorées dans les laboratoires « bedside to bench ». Inversement des découvertes fondamentales dans les laboratoires, trouvent leur traduction plus rapidement en clinique si les cliniciens s'en emparent à la source.

Si les grands programmes de recherche permettent d'identifier les

priorités scientifiques communes, c'est la confrontation quotidienne des regards et des approches au sein des structures de recherche qui constitue le véritable catalyseur pour tisser des liens concrets et durables. Concevoir des programmes thématiques entre les établissements de santé et les unités de recherche constitue un levier essentiel pour élaborer une stratégie commune (FHU, RHU, IHU, ITI). Cette collaboration doit cependant s'accompagner de mesures concrètes : faciliter le temps dédié à la recherche et aux échanges scientifiques pour les cliniciens, développer les dispositifs d'implication et immersion en recherche, et promouvoir le partage d'infrastructures technologiques.

Comment former davantage de médecins capables de dialoguer avec les sciences biologiques les plus avancées ?

Aujourd'hui il existe une offre de formation précoce à la recherche et en sciences fondamentales sur la plupart des grands sites uni-

▲ Illustration générée par IA d'une architecture biologique montrant les échanges d'oxygène au sein de fines structures pulmonaires.

© AdobeStock.

« C'EST LA CONFRONTATION QUOTIDIENNE DES REGARDS ET DES APPROCHES AU SEIN DES STRUCTURES DE RECHERCHE QUI CONSTITUE LE VÉRITABLE CATALYSEUR POUR TISSER DES LIENS CONCRETS ET DURABLES. »

« LES DOUBLES CURSUS MÉDECINE-SCIENCES FORMENT DES ESPRITS BILINGUES, “CLINICIENS” ET “CHERCHEURS”, ACCULTURÉS AUX DEUX UNIVERS ET FAVORISENT LES COLLABORATIONS INTÉGRÉES ENTRE LA CLINIQUE ET LA RECHERCHE. »

versitaires avec l'émergence de cursus Médecine-Sciences, ou à l'échelle nationale avec l'Ecole de l'Inserm-Liliane Bettencourt et les programmes des Ecoles Normales Supérieures.

D'autres dispositifs plus progressifs proposés par les facultés de santé continuent de former les étudiants durant leurs études, pendant ou après l'internat en médecine.

Former chaque année, dans un même site de recherche, une dizaine de futurs investigateurs de façon précoce et approfondie crée un vivier et engendre une véritable dynamique. Dès lors, le facteur décisif n'est plus le simple nombre d'étudiants formés aux sciences biologiques, mais la capacité à les accompagner de façon continue tout au long du développement de leur carrière. Il s'agit moins de multiplier les formations que de soutenir durablement les jeunes médecins-chercheurs.

Toutefois, pour compléter les dispositifs existants, et toucher le plus grand nombre, une sensibilisation à la recherche, adaptée au cycle d'études des étudiants en santé, permettrait de les informer sur les structurations et thématiques sur un site, et les outils disponibles, et donc de diffuser une culture « recherche ». Cette approche les aiderait à s'impliquer en connaissance de cause et à orienter leur formation en recherche selon leurs projets tant cliniques et scientifiques que professionnels. Là encore, la structuration de partenariats pour l'accueil dans les laboratoires de recherche pourrait être renforcée dans les secteurs à développement rapide. De telles perspectives d'interactions variées et stimulantes participent à l'ouverture et à l'attractivité des métiers de la santé.

Quels sont les atouts et les difficultés des doubles cursus médecine-sciences ?

Les doubles cursus médecine-sciences de formation précoce à la recherche forment des esprits bilingues « cliniciens » et « chercheurs » acculturés aux deux univers et favorisent les collaborations intégrées entre la clinique et la recherche. Ils favorisent également les mobilités internationales, part inhérente des collaborations de recherche, et véritable oasis dans le (très) long tunnel de la formation médicale. Ces parcours

entrepris avec enthousiasme présentent cependant des obstacles, surtout pour ceux qui auront choisi une longue bifurcation avec un doctorat de sciences avant, ou pendant l'internat. Il existe des obstacles administratifs et parfois financiers pour entreprendre ces parcours. S'ils ont été pensés pour se fondre dans les cursus médicaux localement avec des allers-retours vers les formations scientifiques, une certaine hétérogénéité demeure et nécessite une implication des équipes pédagogiques pour toujours expliquer et faciliter les insertions. Les mobilités internationales parfois chahutées par le contexte géopolitique, même si elles peuvent s'effectuer dans le riche espace européen de la recherche, restent insuffisamment soutenues. A l'échelle nationale et même européenne il devient indispensable de construire des parcours structurés conférant une reconnaissance institutionnelle à ces profils qui représentent une véritable richesse pour les établissements de santé et de recherche.

Comment les plateformes technologiques peuvent-elles devenir de véritables accélérateurs en recherche biomédicale ?

La concentration d'infrastructures de pointe, de dimension nationale et européenne à Strasbourg, constitue déjà une base solide : séquençage de nouvelle génération, technologies « omiques », imagerie médicale et cellulaire, robotique, etc. Cette concentration d'équipements et d'expertises ouvert à la communauté de recherche a largement contribué à l'excellence de la recherche fondamentale et clinique strasbourgeoise. Intensifier la recherche biomédicale nécessite désormais plus que jamais l'harmonisation et la simplification des procédures pour l'utilisation des échantillons et des données cliniques.

Comme la recherche en santé s'inscrit dans le long terme, son maintien dépend d'un financement durable, assuré tant par les programmes nationaux que par les collectivités territoriales. Sans ces ressources pérennes, la compétitivité de nos technologies toujours plus pointues, et par extension, de notre écosystème de recherche, ne pourrait plus être garantie. •

Pr Régis Bordet président de l'Université de Lille

La structuration du site lillois

La structuration du site lillois en matière de santé remonte à plus d'une vingtaine d'année, sous l'impulsion d'un directeur général, très sensible au rôle des CHU en matière de recherche et dans un contexte universitaire divisé, mais dans lequel une des universités portait le Droit et la Santé, facilitant une proximité tant géographique qu'institutionnelle, entre les dimensions universitaires et hospitalières, au sein d'un des plus vastes campus hospitalo-universitaires d'Europe. Dès les années 1930 avait été conçue une nouvelle cité hospitalière, préfiguratrice des CHU car inaugurée en 1953, qui intégrait dans un même ensemble architectural l'hôpital Claude Huriez et la faculté de médecine permettant d'aller des services hospitaliers vers les laboratoires de recherche et les amphithéâtres. Une culture hospitalo-universitaire s'est rapidement construite à Lille.

Face à une morbi-mortalité régionale prégnante pour toutes les grandes familles pathologiques, il est apparu naturel au CHU, à l'université et à ses facultés d'unir les forces dans la bataille contre cette épidémiologie défavorable plutôt que de mener une guerre institutionnelle de tranchée totalement stérile. C'est ainsi que les premières cohortes ont été constituées, qu'une génération de jeunes cliniciens et cliniciens se sont lancés dans l'aventure des modèles pré-cliniques, en partant de leurs préoccupations cliniques instaurant une approche translationnelle, que des équipements et infrastructures ont été pensés et acquis de manière concertée, que des unités de recherche se sont structurées. Néanmoins, cette dynamique a également existé sur d'autres. Ce qui fait peut-être la singularité du site lillois, c'est qu'elle a été, très vite, institutionnalisée.

Faire de la recherche une stratégie commune

En effet, à l'occasion du contrat 2006-2010, deux faits marquants sont intervenus, qui ont été très structurants. Le premier a été la signature de la première convention tripartite, en

France, entre l'Inserm, le CHU et l'université. Cette reconnaissance par un organisme national de recherche était importante pour le site lillois, structurellement moins doté en chercheurs statutaires. Le deuxième fait marquant a été que, pour la première fois en France, un CHU devenait tutelle de l'ensemble des unités de recherche en santé, assortie d'une contribution au financement des unités. Depuis vingt ans, nous pouvons mesurer, au grès des changements de gouvernance hospitalière ou universitaire, combien le fait que le CHU soit tutelle est déterminant pour la stabilité de la vie hospitalo-universitaire en matière de recherche. Mais au-delà de la stabilité institutionnelle, c'est, surtout, un vecteur important pour faire des choix stratégiques et mener des projets ambitieux.

À cette même période, au-delà des aspects institutionnels et de gouvernance, ont été identifiés quatre thématiques phares, sur la base de l'activité scientifique des unités de recherche : cancer ; maladies neurologiques et mentales ; maladies métaboliques et vasculaires ; maladies inflammatoires et infectieuses. Chacune de ces thématiques a affiné son projet scientifique pour identifier des aspects différenciants et pour concourir et obtenir à des labels nationaux et internationaux, comme la création du centre EGID (European Genomic Institut for Diabetes) en a été un exemple saillant. Ce travail de structuration a été facilité par la mise en œuvre d'un CRBSP jouant un véritable rôle stratégique, grâce à la présence au sein du comité, et au-delà de sa composition réglementaire, des exécutifs des principales institutions constitutives, facilitant la prise de décision sur les grands projets. Cette focalisation thématique, qui s'est approfondie au cours des vingt dernières années, n'a pas empêché l'émergence de thèmes originaux et de niche comme la recherche sur les 1000 premiers jours de vie ou sur la science des datations en médecine légale.

Cette structuration s'est accompagnée d'un investissement dans



Régis Bordet est professeur d'université, praticien hospitalier. Il est président de l'Université de Lille.

« AU-DELÀ DE LA STABILITÉ INSTITUTIONNELLE, C'EST SURTOUT UN VECTEUR IMPORTANT POUR FAIRE DES CHOIX STRATÉGIQUES ET MENER DES PROJETS AMBITIEUX. »



▲ L'hôpital Claude-Huriez est intégré, dès sa conception dans les années 1930, au même ensemble architectural que la faculté de médecine lilloise, inscrivant dans le paysage urbain lui-même la vocation hospitalo-universitaire de la grande métropole du Nord.. © AdobeStock.

des plateformes d'aide méthodologique. Ce fût la création d'une Maison Régionale de Recherche Clinique Hospitalière et Universitaire, rassemblant l'ensemble des fonctions nécessaires au montage de projets de recherche clinique, sous forme d'une fédération de recherche clinique. Cette Maison accompagne les projets issus du site lillois mais aussi des centres hospitaliers généraux, qui ont été fédérés dans un Groupement Régional de Recherche Clinique. Par ailleurs, les autres plateformes (animaleries, imagerie du vivant, imagerie cellulaire, bioinformatique, omics...) ont été regroupées, en lien avec l'Inserm et le CNRS, dans une unité de service et d'appui à la recherche multi-tutelle. Le site lillois a également investi, en lien avec l'Institut Pasteur, dans une plateforme de drug discovery, qui est à l'origine de trois first-in-class. Plus récemment se structure une dynamique collective autour des données et du numérique en santé, avec un lieu dédié, soutenu, au-delà de l'université et du CHU, par l'Inria et son centre de l'université de Lille et par l'Inserm ainsi qu'un Campus et Métiers d'Avenir, labélisé France 2030.

De la structuration à l'écosystème

La fusion des trois universités lilloises intervenue en 2018, l'obtention puis la confirmation en 2022 du label d'Initiative d'Excellence, la création d'une UFR dédiée à la Santé et au Sport sont venus amplifier la dynamique historique, en favorisant l'interdisciplinarité avec les sciences et technologie, l'ingénierie, les sciences humaines et sociales. Les thématiques phares se transforment, aujourd'hui, en Instituts Fédératifs Interdisciplinaires, accompagnées financièrement par des cross-disciplinary projects ou des chaires internationales, labélisés par un jury international. Le CRBSP continue d'être actif dans cette structuration, en s'étant élargi à l'ensemble des parties-prenantes du site lillois en santé et en s'étant doté d'un comité institutionnel qui permet des décisions fluides et que chaque institution peut s'approprier. La décision conjointe, de l'université et du CHU, de construire un bâtiment de recherche dédié au cancer sur le campus H&U en est une illustration. Le transfert vers la société est favorisé, dans le cadre

d'une politique de science avec et pour la société, par une chaire « Objectif de Développement Durable », au sens de l'ONU, intitulée « Santé, Vulnérabilité et Territoire », qui constitue un des axes de la convention entre l'ARS Hauts-de-France et l'université, la première signée en France. A titre d'exemple, cette Chaire vient d'éditer un *Livre Blanc* porté par Science Po Lille et la Faculté de Santé, dédié à la santé des femmes. De même, la valorisation économique et industrielle est permise par le GIE Eurasanté, installé, également sur le campus hospitalo-universitaire, et qui a accompagné la création de plus d'une vingtaine de start-up dont une qui a mis un médicament sur le marché.

Lille à l'échelle européenne

Fort de cette organisation, le site lillois en santé a pu se tourner vers l'international. C'est, d'abord, la signature d'une Alliance entre Leuven, Lille et Louvain pour porter des projets transfrontaliers et au sein de l'Eurométropole Courtrai-Lille-Tournai, sur des thèmes conjoints et qui rejoignent les thèmes phares du site lillois. Cette Alliance va permettre de fédérer un réseau d'hôpitaux pour mener des études cliniques. C'est aussi notre engagement dans l'Alliance NeuroTech-EU, qui regroupe dix universités européennes, avec à Lille, la mise en œuvre d'un Institut Fédératif Interdisciplinaire « Cerveau, Technologie et Société », et l'installation d'une IRM 7 tesla, qui vient compléter la plateforme d'imagerie du vivant.

Ce travail constant et collectif de structuration du champs santé, auquel toutes les institutions ont pris part en fonction de leurs spécificités, a permis de répondre à une mission de service public, visant à faire en sorte de faire bénéficier aux patients et patients, une qualité des soins sous-tendue par les meilleures avancées de la recherche. Cet engagement trouve sa reconnaissance dans différents classements ou labels. Le classement de Shanghai thématique place, régulièrement, l'université de Lille dans le top 150 pour le thème « Clinical medicine » et à la cinquième place en France. Quant au classement *Newsweek*, il place le CHU de Lille à la 26^e place mondiale. •

« CE TRAVAIL CONSTANT ET COLLECTIF DE STRUCTURATION DU CHAMP SANTÉ A PERMIS DE RÉPONDRE À UNE MISSION DE SERVICE PUBLIC, EN FAISANT BÉNÉFICIER LES PATIENTS DES MEILLEURES AVANCÉES DE LA RECHERCHE. »

Pr Didier Rognan directeur de recherche au CNRS

« Du laboratoire au médicament »

Quelles étapes permettent de passer d'une découverte académique à un candidat médicament suffisamment robuste pour entrer en développement clinique ?

Les étapes menant d'une découverte académique (résultant souvent d'un criblage expérimental ou virtuel) à un candidat clinique sont nombreuses et coûteuses.

En premier lieu, il convient d'optimiser, par chimie médicinale, plusieurs propriétés (ex. : affinité pour la cible, sélectivité) afin de passer du statut de « touche » (*hit*) à celui de « tête de série » (*lead*). Ensuite, il faudra optimiser les propriétés ADME (absorption, distribution, métabolisme, excrétion) afin que la molécule soit biodisponible pour la voie d'administration envisagée (le plus souvent la voie orale) et que ses propriétés pharmacocinétiques soient satisfaisantes (demi-vie, exposition plasmatique). Ces deux étapes sont souvent interconnectées et permettent de sélectionner les analogues les plus prometteurs le plus tôt possible. Évidemment, la preuve de concept de l'efficacité de la molécule dans un modèle animal pertinent devra être apportée au plus tôt.

Le profil de sécurité du candidat devra par la suite être évalué par de nombreuses expériences *in vitro* afin de s'assurer que la molécule ne présente ni toxicité (ex. : cardiaque) ni potentiel mutagène/génotoxique. Il conviendra également de vérifier que le candidat n'est pas susceptible de présenter des risques d'interactions médicamenteuses. Enfin, il faudra déterminer et caractériser le métabolisme de la molécule (la manière dont un organisme vivant va la transformer) à la fois *in vitro* et *in vivo*, au moins chez deux espèces (ex. : souris, chien) en vue des études de toxicité à venir.

L'étape suivante est souvent une étude de toxicité durant laquelle la molécule va être administrée pendant 14 jours afin de déterminer deux paramètres cruciaux : la dose maximale tolérée (MTD) et la dose sans effet toxique observable (NOAEL). Ces deux doses seront utilisées pour déterminer les doses

proposées pour la future étude clinique de phase 1 chez le volontaire sain. À ce stade, une étude de formulation devra être réalisée afin de déterminer le procédé de fabrication de la forme galénique souhaitée (ex. : comprimé, gélule).

Afin de planifier les études réglementaires à venir, il faudra synthétiser une quantité suffisante (1 à 2 kg) de principe actif selon les règles de Bonnes Pratiques de Fabrication (BPF / GMP), étape qui peut durer de 6 à 12 mois en fonction de la complexité de la synthèse chimique. Une étude de toxicité plus longue (1 mois) peut alors être réalisée chez deux espèces animales, afin de déterminer plus précisément les doses à évaluer lors des premiers essais cliniques chez l'homme.

À ce stade, nous disposons d'un candidat préclinique dont l'administration à l'homme (d'abord à des volontaires sains) est soumise à une autorisation d'essai clinique. Une autorisation d'essai clinique est un accord obligatoire délivré par les autorités sanitaires et un comité d'éthique pour tester un traitement sur l'humain. En France, elle repose sur une double validation : l'évaluation scientifique de l'ANSM (Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé) et l'avis éthique d'un CPP (Comité de protection des personnes).

Les étapes et obstacles pour disposer d'un candidat clinique sont donc nombreux et devront être impérativement franchis les uns après les autres. Les statistiques actuelles suggèrent que 1000 à 3 000 molécules doivent être synthétisées afin d'y parvenir.

Pourquoi les douleurs neuropathiques demeurent-elles un besoin médical aussi important et encore insuffisamment couvert ?

La douleur neuropathique (DN) est définie comme toute douleur causée par une lésion ou une maladie affectant le système nerveux somatosensoriel. Il s'agit d'une affection chronique, durant plus de trois mois, qui survient comme symptôme secondaire de patho-



Le Pr Didier Rognan est directeur de recherche au CNRS et dirige le Laboratoire d'innovation thérapeutique (UMR 7200 CNRS-Université de Strasbourg), à la Faculté de pharmacie. Ses recherches portent notamment sur la chémoinformatique, la modélisation moléculaire et la conception de médicaments.

« LES ÉTAPES ET OBSTACLES POUR DISPOSER D'UN CANDIDAT CLINIQUE SONT NOMBREUX ET DEVRONT ÊTRE IMPÉRATIVEMENT FRANCHIS LES UNS APRÈS LES AUTRES. »



« LES APPROCHES
COMPUTATIONNELLES
PERMETTENT À LA
FOIS DE RATIONALISER
ET D'ACCÉLÉRER
LA DÉCOUVERTE
DE CANDIDATS-
MÉDICAMENTS AINSI QUE
DE CIBLES POSSIBLES. »

logies (diabète, cancer et infection par le zona), de lésions physiques (traumatismes, procédures chirurgicales) ou de chimiothérapies. Le traitement efficace de la DN représente un défi majeur (social, économique et médical) dans les pays industrialisés. Ainsi, des enquêtes épidémiologiques récentes indiquent que 7 à 10 % de la population est touchée par la DN ce qui altère gravement la qualité de leur vie quotidienne, sociale et professionnelle. Parmi les différents états pathologiques provoquant des douleurs chroniques, la DN reste largement sous-diagnostiquée : seuls 2 % des patients sont pris en charge par un spécialiste de la douleur, et environ un tiers d'entre eux ne reçoivent aucun traitement. Contrairement à la douleur aiguë ou à d'autres affections douloureuses chroniques (telles que la douleur inflammatoire) qui sont diagnostiquées et traitées différemment, les médicaments actuels contre la DN (antiépileptiques, antidépresseurs, opiacés faibles) sont purement symptomatiques et ne s'attaquent qu'à la composante hyperalgésique de la maladie. De plus, ces médicaments repositionnés sont inefficaces dans environ 40 % des cas et mal tolérés dans le cadre d'un traitement chronique.

Le défi médical consistant à traiter les patients souffrant de DN avec des traitements modificateurs de la maladie est donc immense ; il nécessite une compréhension plus approfondie des nombreuses voies de signalisation biochimique spécifiquement déclenchées dès le début ainsi que pendant la phase chronique de la maladie. Malgré des données précliniques prometteuses sur de nouvelles cibles (ex. récepteur de type 2 de l'angiotensine II, canaux sodiques/potassiques/calciques) la plupart des ligands ont été abandonnés, soit par manque d'efficacité, soit en raison d'effets secondaires graves. Parmi les nombreuses causes d'échec des essais cliniques de nouveaux analgésiques non opioïdes figurent un choix inapproprié de la cible, un faible engagement de la cible, des modèles de douleur chez le rongeur peu prédictifs, le manque de biomarqueurs de la douleur robustes et une connaissance incomplète des mécanismes de la douleur chronique.

Comment les approches de modélisation moléculaire peuvent-elles accélérer la découverte de traitements spécifiques ?

Les nombreuses approches computationnelles existantes permettent à la fois de rationaliser et d'accélérer la découverte de candidats-médicaments ainsi que de cibles possibles (protéines, acides nucléiques, interfaces protéine-protéine, réseaux métaboliques). Les récents développements en intelligence artificielle sont prometteurs, mais pas encore suffisamment matures, essentiellement par manque de données homogènes et fiables. De nombreuses étapes de la conception de candidats-médicaments sont toutefois facilitées par ces améliorations technologiques.

Prédiction de la structure tridimensionnelle (3D) de la cible : La détermination expérimentale de la structure 3D de la cible est un atout considérable, mais elle demande un investissement conséquent, à la fois humain et financier. Des logiciels d'apprentissage profond, entraînés sur des données publiques (ex. : AlphaFold), permettent maintenant de prédire cette structure à partir de sa simple séquence en acides aminés et même de prévoir le mode de liaison de candidats-médicaments bien avant leur synthèse. Il convient toutefois de noter que la qualité des prédictions reste dépendante de la complexité de la tâche. Plus la protéine cible est proche d'une protéine sur laquelle l'apprentissage a été effectué, plus la prédiction sera de qualité. Des familles de protéines de structure totalement inconnue échappent donc encore à ce type de méthode.

Taille de l'espace chimique : Le criblage virtuel est devenu une méthode computationnelle rapide et économique pour identifier les tout premiers ligands (touches) d'une protéine cible. La qualité des résultats obtenus (pourcentage de vrais positifs, affinité des touches validées) dépend étroitement de la taille et de la diversité chimique de la collection de molécules (chimiothèque) criblée. L'espace chimique théorique englobant tous les candidats-médicaments possibles est estimé à 10^{60} molécules uniques. Jusqu'à très récemment, il était d'usage de cribler des collections d'environ 10 à

15 millions de molécules commercialement disponibles. Ce chiffre est aujourd'hui passé à plusieurs billions (\$10^{12}\$) de molécules pas encore disponibles, mais théoriquement synthétisables, ce qui a accéléré le développement de nouvelles méthodes de criblage virtuel, capables de traiter ces très grands nombres et de générer de nouvelles molécules facilement synthétisables avec un taux de succès inédit.

Prédiction des propriétés ADMET :

L'affinité d'une molécule pour sa cible n'est qu'une des nombreuses propriétés d'un candidat-médicament. Pour augmenter les chances de succès des essais cliniques à venir, il est essentiel de déterminer les propriétés ADMET (Absorption, Distribution, Métabolisme, Excrétion, Toxicité), qui vont conditionner le devenir du candidat-médicament dans un organisme vivant, notamment sa faculté à atteindre sa cible sans altération de sa structure, à une concentration suffisante et stable dans le temps, pour exercer un effet pharmacologique sans effets secondaires ni interactions médicamenteuses. Prédire ces propriétés par IA reste encore très difficile en raison du faible volume de données expérimentales disponibles. Des consortiums privés ou publics (ex. : OpenADMET) s'attachent à générer ces données en quantité suffisante pour espérer pouvoir mieux les prédire dans un avenir proche. Nous pouvons ainsi espérer réduire l'attrition aujourd'hui très importante observée lors des essais cliniques par la conception de molécules dotées de meilleures propriétés ADMET, et donc plus efficaces et plus sûres.

Quels sont les principaux obstacles entre une preuve de concept scientifique et un essai clinique chez l'être humain ?

Ces obstacles, déjà évoqués lors de la première question, correspondent aux ressources humaines, techniques et financières nécessaires pour amener une molécule de l'état de « molécule active » à celui de « candidat clinique ».

La preuve de concept de l'activité pharmacologique d'une molécule se fait au minimum par des expériences *in vitro* (liaison, fonction) sur protéine recombinante ou sur une lignée cellulaire, le mieux étant que ces dernières soient complé-

tées par un test *in vivo* pertinent, le plus souvent chez le rongeur. Cette preuve de concept peut être apportée pour un coût minimal (< 5000 €) et une faible quantité de molécule (< 1 g).

L'autorisation d'essai clinique chez l'homme requiert bien plus de données et un budget bien plus conséquent (> 2 millions d'euros). Afin de mener à bien toutes les études nécessaires, y compris les études réglementaires, il faudra synthétiser environ 1 kg de principe actif répondant aux normes de bonnes pratiques de laboratoire (BPL). Cette simple étape peut demander jusqu'à 12 mois de travail et plusieurs centaines de milliers d'euros, en fonction de la complexité de la synthèse, qui doit en général être repensée. Généralement, deux lots sont synthétisés : un lot non BPL pour le développement (bio)analytique et les essais non réglementaires, et un lot BPL pour la formulation galénique qui sera administrée aux volontaires sains lors de la phase 1.

Il conviendra de s'assurer de l'engagement de la cible *in vivo* (l'effet pharmacologique observé est bien obtenu par activation ou inhibition de la bonne cible), de la sécurité d'emploi de la molécule étudiée (sélectivité, toxicité après administration aiguë et chronique, interactions médicamenteuses possibles), et de ses propriétés pharmacocinétiques, qui vont déterminer la dose (en mg/kg), la voie (ex. : voie orale) et la fréquence d'administration (ex. : matin et soir). Il faudra identifier les métabolites possibles (les molécules issues de la dégradation du principe actif) et les caractériser si l'un d'entre eux représente plus de 10 % de la molécule parente. Des études réglementaires de toxicité d'une durée d'un mois, utilisant le lot BPL, sont ensuite réalisées sur au moins deux espèces animales de taille différente (rat, chien) afin de déterminer la marge de sécurité dans l'utilisation de la molécule, c'est-à-dire le rapport entre deux doses : la dose maximale ne produisant pas d'effets indésirables et la dose active. Ce rapport devra être le plus grand possible afin de garantir la future sécurité d'utilisation chez l'homme.

Autant les étapes non réglementaires peuvent être réalisées dans les laboratoires publics des por-

« LE PRINCIPAL OBSTACLE À LA RÉALISATION D'UN ESSAI CLINIQUE EST DONC SURTOUT BUDGÉTAIRE, PLUSIEURS MILLIONS D'EUROS ÉTANT GÉNÉRALEMENT NÉCESSAIRES. »





« LA COMPLÉMENTARITÉ ENTRE LE CHERCHEUR ET LE CEO S'AVÈRE CAPITALE À CE STADE DE MATURATION. »

teurs du projet, autant les étapes réglementaires sont confiées à des entreprises spécialisées ayant obtenu un agrément spécifique. Le principal obstacle à la réalisation d'un essai clinique est donc surtout budgétaire, plusieurs millions d'euros étant généralement nécessaires afin de disposer d'une molécule répondant aux critères requis pour obtenir une autorisation d'essai clinique. Ces coûts sont évidemment plus faibles pour des outils diagnostiques ou des dispositifs médicaux nécessitant moins de contrôles obligatoires.

Comment organiser efficacement la collaboration entre chercheurs académiques, cliniciens, structures de valorisation et partenaires industriels ?

Cet aspect est évidemment fondamental à la réussite d'un projet. Par expérience, je dirais que chaque partenaire doit rester à sa place et ne pas se prendre pour un autre. Il est fréquent de voir des chercheurs, souvent par orgueil, mélanger les rôles et enterrer ainsi une idée prometteuse.

Les études préliminaires allant jusqu'à la preuve de concept peuvent être réalisées entre partenaires académiques dans le cadre d'appels à projets nationaux et/ou internationaux (ex. : ANR, PEPR). Des structures de valorisation (SATT, CNRS Innovation, INSERM Transfert, BPI) peuvent ensuite prendre le relais pour amener le dossier à un stade de maturation plus avancé.

Je me permets ici une critique amicale des structures de valorisation, qui poussent souvent au dépôt prématuré de brevet(s) pour consolider la propriété intellectuelle de l'invention. Comme nous l'avons abordé précédemment, le développement d'un médicament se fait sur un temps long (8 à 10 ans) qui ne doit pas compromettre la durée d'exploitation d'un brevet d'invention, fixée à 20 ans. Un dépôt trop précoce (au stade de la prématuration, voire de la maturation) va réduire inéluctablement la fenêtre d'exploitation industrielle. De ce fait, un laboratoire pharmaceutique ne prendra généralement pas le risque d'investir dans un projet peu avancé (sans données cliniques) dont le titre de propriété est déjà entamé. Le moment auquel la demande de

brevet est déposée doit donc être choisi soigneusement, idéalement durant le développement préclinique réglementaire. Une collaboration avec des cliniciens sera par ailleurs rapidement nécessaire pour prioriser les indications thérapeutiques et concevoir des synopsis d'études cliniques robustes.

Les fonds exclusivement publics sont généralement insuffisants pour amener une petite molécule à un stade de développement clinique. Commence alors la fameuse « traversée du désert » menant au premier investissement privé, souvent apporté par un ou plusieurs fonds de capital-risque. Pour ce faire, il est impératif de dissocier le plus vite possible les activités de recherche (menées par les porteurs académiques du projet) des activités de management, qui doivent être confiées à un professionnel expérimenté de la création d'entreprises innovantes qui en prendra la présidence. La qualité scientifique du dossier est bien sûr nécessaire, mais elle n'est pas suffisante pour garantir un financement privé. Ce dernier implique une très bonne connaissance de l'écosystème national de financement des jeunes pousses biotechnologiques et une grande disponibilité. La complémentarité entre le chercheur et le CEO s'avère donc capitale à ce stade de maturation.

Dans le domaine pharmaceutique, un partenaire industriel n'interviendra en général que bien plus tard : au mieux après les études de phase 1 chez les volontaires sains, le plus souvent après la preuve d'efficacité chez le patient en phase 2. Plusieurs dizaines de millions d'euros et environ cinq ans seront nécessaires pour y parvenir. Un partenaire financier solide, avec qui la jeune entreprise aura su tisser des liens de confiance, voire d'amitié, est donc primordial pour porter le projet du stade de la maturation à celui de candidat clinique.

Quelle place la recherche publique peut-elle encore occuper dans l'invention de traitements véritablement innovants ?

La question de la place de la recherche publique dans l'invention de traitements innovants se pose avec une acuité particulière aujourd'hui, à l'heure où les modèles de R&D pharmaceutique évoluent et où les contraintes budgétaires

se conjuguent avec une complexité croissante de la découverte de médicaments. Malgré la domination financière et opérationnelle de l'industrie biopharmaceutique dans les phases de développement clinique avancé et de mise sur le marché, la recherche publique conserve un rôle absolument irremplaçable et fondateur dans la chaîne de valeur de l'innovation thérapeutique.

La recherche publique est par essence le sanctuaire de la recherche fondamentale et exploratoire : Contrairement à l'industrie, soumise à des impératifs de retour sur investissement à court ou moyen terme, les laboratoires académiques ont la liberté d'explorer des mécanismes biologiques inédits, des cibles thérapeutiques non validées ou des voies métaboliques inexplorées.

La très grande majorité des ruptures thérapeutiques majeures (comme l'immuno-oncologie, les thérapies géniques, l'utilisation de l'ARNm) trouvent leurs racines dans des découvertes fondamentales faites dans des universités ou des organismes publics (CNRS, INSERM, universités, etc.).

L'industrie pharmaceutique privée externalise de plus en plus le risque scientifique amont auprès du secteur académique : La recherche publique, souvent soutenue par des agences de financement sur projets (ANR, Horizon Europe), défriche le terrain en démontrant la pertinence biologique d'une nouvelle cible thérapeutique. Alors que les laboratoires privés privilégient souvent le développement de « me-too » ou l'optimisation de familles chimiques connues pour sécuriser leurs investissements, les équipes publiques prennent les risques nécessaires pour valider des approches réellement disruptives

L'invention de traitements innovants ne relève plus seulement de la biologie et de la chimie organique traditionnelle ; elle exige une convergence technologique forte. Les structures publiques abritent sous un même toit des compétences de pointe en modélisation moléculaire, intelligence artificielle appliquée au *drug discovery*, biophysique et biologie structurale. Cette proximité favorise l'émergence d'outils méthodologiques novateurs (algorithmes de

criblage virtuel, dynamiques moléculaires avancées, caractérisation fine des interactions ligand-cible). Le maintien d'infrastructures nationales de service public ouvertes et à la pointe de la technologie (ex : ChemBioFrance, FRISBI) permet à la recherche académique d'offrir un tremplin technologique que de jeunes structures privées ne pourraient s'offrir seules.

La création de jeunes pousses (spin-offs et biotechs) issues de laboratoires académiques est le pont par excellence entre la découverte publique et le développement industriel. Ces structures permettent de porter l'innovation à un stade de maturité suffisant (preuves de concept précliniques robustes) pour intéresser les grands groupes pharmaceutiques via des licences ou des acquisitions.

Une recherche publique forte garantit à la collectivité une souveraineté sur la découverte de solutions thérapeutiques pour des maladies négligées, des pathologies orphelines ou face à l'émergence de résistances (antibiorésistance), pour lesquelles les marchés privés ne décèlent pas toujours une rentabilité immédiate.

Pour que la recherche publique continue d'occuper cette place centrale, plusieurs écueils doivent être surmontés :

- **La lourdeur administrative et la précarisation** : La baisse des financements récurrents des laboratoires au profit de financements sur projets à court terme nuit à la prise de risque à long terme.

- **Le transfert de technologie** : L'optimisation des passerelles entre la recherche académique, les structures de valorisation (SATT) et l'industrie reste un enjeu crucial pour éviter que les découvertes ne restent que sous-exploitées localement.

En conclusion, la recherche publique n'est pas seulement un sous-traitant en amont de l'industrie pharmaceutique. Sans elle, le pipeline de l'industrie pharmaceutique s'assècherait rapidement, se limitant à une innovation incrémentale au détriment des véritables ruptures thérapeutiques de demain. •

« LA RECHERCHE PUBLIQUE CONSERVE UN RÔLE ABSOLUMENT IRREMPLAÇABLE ET FONDATEUR DANS LA CHAÎNE DE VALEUR DE L'INNOVATION THÉRAPEUTIQUE. »

Andrey Klymchenko directeur de recherche au CNRS

« Nanomatériaux, nouveaux diagnostics »



Andrey Klymchenko est directeur de recherche au CNRS au Laboratoire de Bioimagerie et Pathologies (UMR 7021, CNRS–Université de Strasbourg), où il dirige l'équipe Matériaux Photoactifs et Bioimagerie. Spécialiste des sondes fluorescentes et nanomatériaux pour l'imagerie et le diagnostic, il est lauréat de plusieurs financements ERC, dont un Advanced Grant 2024.

« LES NANOPARTICULES FLUORESCENTES POURRAIENT RÉVOLUTIONNER LE DOMAINE DES TESTS À FLUX LATÉRAL, EN AMÉLIORANT LEUR SENSIBILITÉ DE PLUS DE 100 FOIS. »

Comment les nanomatériaux fluorescents peuvent-ils transformer les outils de diagnostic et d'imagerie biomédicale ?

Les nanoparticules fluorescentes sont de très petites sphères, environ un million de fois plus petites qu'une balle de tennis, mais elles présentent des propriétés uniques. Après excitation par une lumière d'une certaine couleur (longueur d'onde), elles peuvent émettre une lumière d'une autre couleur. Cela permet de les détecter sur un fond totalement sombre. Ces particules peuvent être extrêmement brillantes et donc facilement détectables, même à de très faibles concentrations. Elles constituent ainsi une plateforme idéale pour le développement de tests diagnostiques permettant de détecter des biomarqueurs moléculaires de maladies, c'est-à-dire des molécules caractéristiques d'une pathologie donnée.

Par exemple, le diagnostic *in vitro* repose largement aujourd'hui sur les tests à flux latéral (*lateral flow assays*), communément appelés tests antigéniques. Ils sont notamment utilisés pour les tests de grossesse et sont devenus particulièrement connus pendant la pandémie de COVID-19 pour la détection des infections virales. Ces tests utilisent généralement des nanoparticules d'or. En présence du biomarqueur cible d'une pathologie donnée, ces nanoparticules s'accumulent au niveau de la ligne de test et peuvent ainsi être visualisées sous la forme d'une ligne sombre, indiquant un résultat positif. Malgré leur grande simplicité, ces tests présentent des limitations importantes. Leur sensibilité est limitée, ce qui ne permet pas de détecter certaines infections bactériennes ou virales, ni certains marqueurs du cancer et d'autres maladies. De plus, le signal obtenu ne peut pas être véritablement quantifié, alors qu'une mesure quantitative est parfois essentielle pour évaluer la gravité d'une maladie.

Dans ce contexte, les nanoparticules fluorescentes pourraient révolutionner le domaine des tests à flux latéral, car elles permettent de répondre à ces deux limitations

fondamentales. Elles peuvent améliorer la sensibilité du test de plus de 100 fois par rapport aux nanoparticules d'or. La raison est qu'elles peuvent être facilement détectées, de la même manière que nous pouvons facilement voir les étoiles dans un ciel nocturne : la lumière est aisément détectable et quantifiable sur un fond sombre.

Une autre application des nanoparticules fluorescentes est la bioimagerie. Cependant, dans ce domaine, les nanoparticules fluorescentes présentent des limitations majeures. En raison de la pénétration limitée de la lumière dans les tissus vivants, l'imagerie de fluorescence est principalement limitée à l'observation de surfaces ou à des profondeurs relativement faibles. L'utilisation de la région spectrale du proche infrarouge peut améliorer la pénétration dans les tissus. Néanmoins, la pénétration de la lumière et l'observation des nanoparticules restent généralement limitées à une profondeur d'environ 1 cm. Ainsi, la plupart des études d'imagerie de fluorescence *in vivo* sont réalisées chez de petits animaux, par exemple chez des souris nude. Dans ce contexte, les nanoparticules peuvent être particulièrement utiles car elles peuvent servir de modèles d'agents de délivrance de médicaments et contribuer ainsi à la conception de futurs vecteurs nanométriques pour l'administration ciblée de médicaments. Cependant, je ne suis pas convaincu que les nanoparticules fluorescentes puissent être utilisées pour l'imagerie médicale chez l'être humain, en raison des limitations fondamentales liées à la profondeur de pénétration de la lumière. Certaines approches reposent sur l'imagerie photoacoustique, qui permet d'obtenir des images à des profondeurs supérieures à 1 cm, mais cette technique reste néanmoins limitée en termes de profondeur d'imagerie.

En revanche, les nanoparticules et, plus généralement, les nanomatériaux pourraient présenter un intérêt pour l'imagerie de surfaces, par exemple pour le suivi de la cicatrisation des plaies. Dans notre

équipe académique, nous avons ainsi développé des biomatériaux fluorescents sous forme de nanofibres capables de suivre l'oxygène et le pH des plaies, deux paramètres importants du processus de cicatrisation.

Quelles propriétés rendent une nanoparticule intéressante pour la détection de biomarqueurs ?

Comme je l'ai mentionné précédemment, la capacité des nanoparticules à émettre une fluorescence à une couleur (longueur d'onde) différente de celle de la lumière d'excitation est essentielle pour obtenir une détection très sensible. Cependant, une autre propriété clé est sa brillance, c'est-à-dire sa capacité à émettre autant de photons que possible pour une puissance d'excitation donnée. La brillance d'une nanoparticule fluorescente détermine l'intensité du signal qu'elle produira dans un test de détection et, par conséquent, influence directement les performances et la sensibilité du test dans lequel elle est utilisée. Je voudrais souligner que, grâce aux travaux réalisés au sein de mon équipe au cours des dix dernières années, nous avons développé des nanoparticules polymériques fluorescentes chargées en colorants, qui figurent parmi les nanomatériaux les plus brillants développés à ce jour dans le monde.

Une autre propriété essentielle est la spécificité vis-à-vis de la cible, qui est assurée par une chimie de surface adaptée. Les particules fonctionnalisées avec des anticorps sont utilisées dans les tests de détection d'antigènes, par exemple pour détecter des marqueurs protéiques du virus SARS-CoV-2. En revanche, les nanoparticules fonctionnalisées avec de l'ADN peuvent être utilisées dans des tests de détection d'acides nucléiques. Dans ce contexte, notre équipe a développé des nanoparticules fluorescentes très brillantes fonctionnalisées avec des séquences d'ADN d'intérêt, ce qui nous a permis de proposer des tests de détection d'acides nucléiques. La découverte de ces nanoparticules très brillantes et l'approche développée pour leur fonctionnalisation ont fait l'objet de quatre, qui ont servi de base à la création de la start-up BrightSens Diagnostics. Celle-ci développe actuellement

des tests diagnostiques à flux latéral pour la détection d'acides nucléiques à partir de ces nanoparticules. Il a déjà été démontré que ces tests peuvent être plus de 100 fois plus sensibles que les tests à flux latéral fondés sur des nanoparticules d'or utilisés dans les tests diagnostiques classiques.

Quels sont les principaux obstacles entre une innovation en bioimagerie et son utilisation clinique ?

Le principal obstacle est que les scientifiques développent généralement de nouveaux concepts en imagerie et en diagnostic, mais le chemin entre un concept validé et une application clinique validée est long. Plusieurs étapes peuvent être identifiées.

Lorsqu'une nouvelle technologie de bio-détection ou de bioimagerie est développée, elle doit tout d'abord être protégée par un brevet, ce qui constitue une étape importante. Sans protection de la propriété intellectuelle, le transfert vers le secteur privé serait difficile.

L'étape suivante consiste à travailler en collaboration avec des biologistes et cliniciens afin de valider la nouvelle technologie sur des échantillons cliniques. D'abord, nous avons eu l'opportunité de collaborer avec une équipe de virologues (Sébastien Pfeffer, CNRS UPR9002), qui a produit pour ce projet différents échantillons *in vitro* du virus SARS-CoV-2. Ensuite, la principale difficulté a été d'identifier, au sein d'un établissement hospitalier, les personnes intéressées par ce type d'étude. Heureusement, certaines structures permettent de rapprocher étroitement la recherche académique des activités cliniques. Dans notre cas, il s'agit notamment du laboratoire de la Pr Samira Fafi-Kremer (l'Institut de Virologie des Hôpitaux Universitaires de Strasbourg), qui nous a permis de valider notre technologie sur des échantillons cliniques.

Néanmoins, il reste difficile d'identifier, au sein des hôpitaux, les personnes intéressées par le travail collaboratif avec laboratoire en chimie-biologie. C'est pourquoi nous travaillons actuellement au développement du réseau ChemBioMed, qui rassemble des chimistes, des biologistes et des cliniciens (voir ci-dessous).

« ENTRE LA DÉCOUVERTE D'UNE NOUVELLE TECHNOLOGIE ET SON UTILISATION CLINIQUE, IL FAUT PRÉVOIR UN INVESTISSEMENT IMPORTANT EN TEMPS, EN EFFORTS ET EN RESSOURCES FINANCIÈRES. »

« LA MODULARITÉ
DES NANOMATÉRIAUX
CONSTITUE UN
AVANTAGE IMPORTANT :
UNE MÊME PLATEFORME
PEUT ACCUEILLIR
DIFFÉRENTES
FONCTIONNALITÉS TOUT
EN CONSERVANT LE
MÊME CŒUR. »

Le point essentiel de collaboration avec les cliniciens est d'identifier une application clinique spécifique et compatible avec les capacités de la technologie développée. Un test diagnostique destiné à une utilisation clinique doit être très robuste et fournir un résultat rapidement, avec un haut niveau de spécificité et de sensibilité. Par conséquent, avant de travailler sur des échantillons cliniques, il est nécessaire d'évaluer de manière critique la technologie développée et, si nécessaire, de l'améliorer et de l'optimiser. Une fois les études cliniques commencées, le protocole ne peut plus être véritablement modifié ; il doit donc être optimisé au préalable. Dans notre cas, les discussions avec les cliniciens ont été cruciales pour identifier précisément les exigences à satisfaire et répondre à leurs attentes. Ces échanges ont ainsi permis d'accélérer considérablement notre recherche et d'améliorer de manière importante les performances de notre technologie avant les tests cliniques.

Une fois la technologie validée, le défi suivant consiste à la transférer vers le secteur privé, car les étapes ultérieures de recherche et développement vont généralement au-delà des objectifs et des capacités d'un laboratoire académique. Il s'agit notamment de développer un prototype du produit, aussi proche que possible du produit final, comprenant un dispositif simple à utiliser et un protocole clair et robuste pour un utilisateur non-expert.

Une fois ce prototype développé, il doit être évalué dans le cadre d'études cliniques, qui fourniront les bases nécessaires au développement final du produit et à sa commercialisation. Toutefois, avant sa mise sur le marché, le dispositif de diagnostic *in vitro* doit satisfaire aux exigences du règlement européen IVDR et obtenir le marquage CE, tout en répondant aux normes de qualité applicables, notamment aux normes ISO pertinentes. C'est pourquoi, entre la découverte d'une nouvelle technologie et son utilisation clinique, il faut prévoir un investissement important en temps, en efforts et en ressources financières.

Comment concilier performance optique, biocompatibilité, stabilité et sécurité des nanomatériaux ?

Toute nouvelle technologie destinée à des applications médicales doit trouver un équilibre entre ces différents paramètres, mais leur importance dépend de l'utilisation finale envisagée. Par exemple, dans le domaine du diagnostic *in vitro*, la biocompatibilité et la sécurité des nanoparticules sont moins critiques, car les nanomatériaux ne sont pas introduits dans l'organisme. Cependant, un aspect important de la biocompatibilité reste la capacité des nanoparticules à fonctionner dans des milieux biologiques complexes, tels que les fluides biologiques. Dans ce contexte, la nanoparticule doit éviter les interactions non spécifiques avec des milliers de molécules différentes tout en reconnaissant spécifiquement sa cible. Il est bien entendu également important que les réactifs utilisés dans le test soient sans danger pour l'utilisateur final. En revanche, la biocompatibilité et la sécurité des nanomatériaux deviennent véritablement critiques pour les applications *in vivo*. C'est pourquoi les exigences réglementaires relatives à l'autorisation d'utilisation clinique sont plus strictes pour les applications d'imagerie *in vivo* que pour le diagnostic *in vitro*.

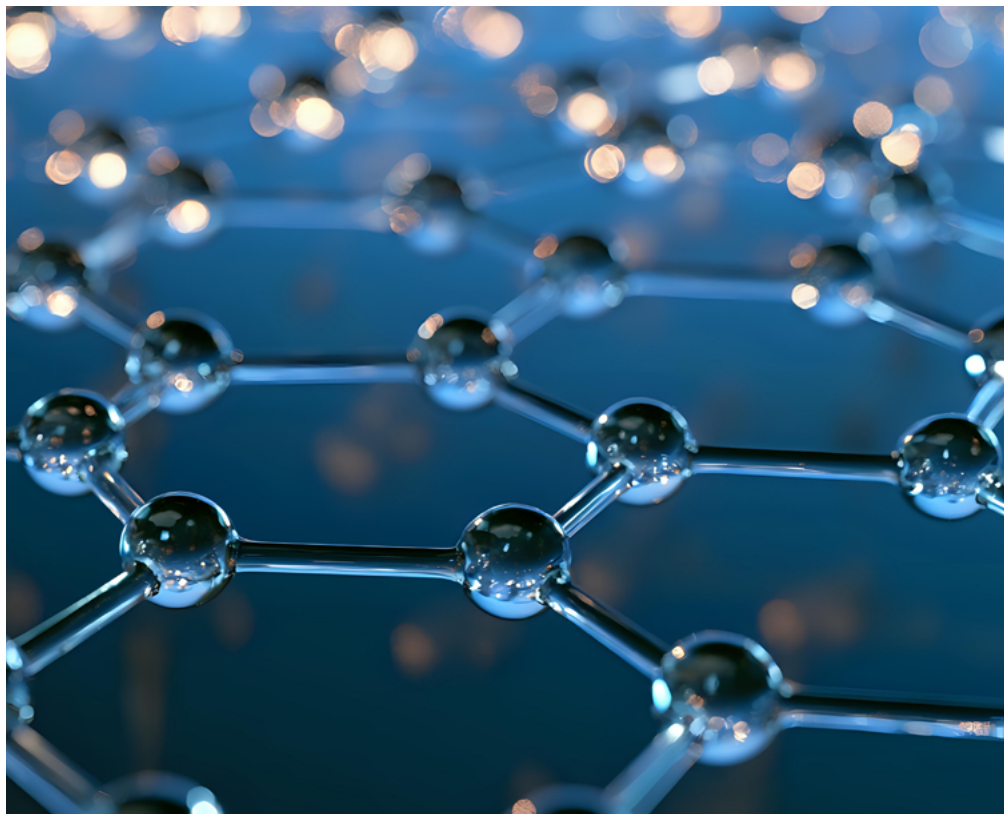
Concilier ces différents paramètres n'est jamais une tâche simple, mais cela constitue une condition essentielle au développement de tests performants. Heureusement, dans le cas des nanoparticules, ces différents paramètres peuvent être abordés de manière relativement indépendante. Les propriétés optiques sont définies par les propriétés du cœur de la nanoparticule, tandis que la stabilité et la biocompatibilité, notamment l'absence d'interactions hors cible, sont principalement déterminées par la chimie de surface. Par exemple, dans le cas de nos nanoparticules, les propriétés optiques sont déterminées par la structure chimique des colorants encapsulés dans du cœur de la nanoparticule, tandis que la fonctionnalisation de la surface par de l'ADN assure leur stabilité dans les milieux physiologiques et leur forte spécificité vis-à-vis de la séquence d'ADN/ARN cible.

La modularité des nanomatériaux constitue un avantage important par rapport aux petites molécules, pour lesquelles toutes les modifications doivent être envisagées dès la conception initiale de la molécule d'intérêt. Dans le cas des nanoparticules, une particule présentant des propriétés optiques données peut être utilisée comme plateforme pour introduire une grande variété de chimies de surface. Cela permet de développer des nanoparticules présentant différentes fonctionnalités tout en conservant le même cœur.

En quoi les technologies de détection ultrasensibles peuvent-elles contribuer à une médecine plus précoce et plus personnalisée ?

Chaque maladie se caractérise par une modification de la distribution de certains marqueurs moléculaires spécifiques. Dans le cas du SARS-CoV-2, il s'agit notamment de la présence d'ARN viral caractéristique et de protéines de surface, lorsque les prélèvements sont réalisés au niveau du site de l'infection, par exemple, par un prélèvement nasopharyngé. De même, la présence de certaines bactéries dans des fluides biologiques tels que l'urine, la salive ou le sang peut être caractérisée par la détection de séquences d'ADN ou d'ARN et de protéines de surface spécifiques. Dans le cas du cancer, il s'agit plutôt de variations de la concentration relative de différents marqueurs moléculaires, tels que les microARN, les ARN messagers ou des séquences d'ADN codant ou non codant présentant des mutations. Ces marqueurs peuvent être détectés dans les tissus tumoraux ainsi que dans les fluides biologiques, notamment dans le sang. Cependant, ces marqueurs sont présents dans l'organisme à de très faibles concentrations, surtout aux premiers stades de la maladie. L'utilisation de tests plus sensibles permet donc de détecter ces marqueurs à un stade de la maladie plus précoce.

Dans le cas d'une infection virale ou bactérienne, une détection précoce permet de mettre rapidement en place les mesures thérapeutiques et de contrôle de la transmission. Par exemple, à l'hôpital, elle permet d'isoler un patient afin de prévenir la propaga-



tion de l'infection. À l'échelle de la population, une détection précoce peut également contribuer à limiter les épidémies, en permettant d'isoler une personne avant qu'elle ne puisse transmettre l'infection à d'autres. Le diagnostic précoce est particulièrement important dans le cas du cancer, car plus la maladie est détectée tôt, plus les chances de succès du traitement sont élevées. Cela explique notamment le succès de la PCR, qui constitue actuellement l'une des techniques les plus sensibles utilisées en clinique pour détecter des marqueurs moléculaires tels que l'ADN et l'ARN.

Cependant, au-delà de la sensibilité, d'autres facteurs sont essentiels, notamment l'accessibilité, la simplicité d'utilisation et le coût du test. Ces facteurs déterminent notamment la fréquence à laquelle un test peut être prescrit. Les tests PCR sont relativement coûteux et sont généralement réalisés dans des laboratoires spécialisés. Ils sont donc prescrits dans des situations spécifiques et relativement peu fréquemment. Dans la pratique, une consultation chez un médecin généraliste conduit encore assez rarement à la prescription d'une PCR. Nous nous souvenons tous que les tests PCR ont été largement prescrits pendant la

▲ Illustration 3D générée par IA d'un réseau de nanomatériaux transparents à l'architecture moléculaire ordonnée. © AdobeStock.

« UN TEST À LA FOIS SENSIBLE, SIMPLE ET FACILEMENT ACCESSIBLE POURRAIT RÉVOLUTIONNER LE DIAGNOSTIC PRÉCOCE DES MALADIES. »

« RÉDUIRE LES FRONTIÈRES ENTRE LA RECHERCHE FONDAMENTALE EN CHIMIE ET EN BIOLOGIE ET LES BESOINS MÉDICAUX NON SATISFAITS EST AUJOURD'HUI UN ENJEU CENTRAL. »

pandémie de COVID-19 afin de limiter la propagation de l'infection, mais leur utilisation est redevenue beaucoup plus ponctuelle.

On peut donc imaginer qu'un test à la fois sensible, simple et facilement accessible pourrait révolutionner le diagnostic précoce des maladies, en permettant une utilisation rapide et fréquente dès l'apparition des premiers signes de la maladie, sans attendre l'apparition de symptômes clairement établis. Il faut également souligner que, dans le cas du cancer et d'autres maladies non infectieuses, les signatures moléculaires peuvent être spécifiques à chaque individu. C'est pourquoi nous parlons de médecine personnalisée et de diagnostic personnalisé. Il est alors nécessaire d'identifier dans un premier temps le profil normal des différents marqueurs moléculaires chez une personne en bonne santé, puis de déterminer systématiquement si ce profil est perturbé par l'apparition d'une maladie donnée.

Le diagnostic personnalisé peut ensuite être associé à une thérapie personnalisée, dans laquelle chaque individu reçoit un traitement adapté afin d'obtenir une efficacité maximale. Dans un monde idéal, l'efficacité d'une thérapie personnalisée pourrait être suivie systématiquement à l'aide du même test diagnostique, afin d'évaluer rapidement l'effet du traitement et de modifier la stratégie thérapeutique lorsqu'elle s'avère inefficace. Cependant, pour le moment, ce type d'approche reste trop coûteux pour être utilisé de manière courante en médecine. C'est pourquoi les tests diagnostiques doivent être non seulement très sensibles, mais également simples à utiliser et peu coûteux.

Comment organiser la collaboration entre chimistes, biologistes, cliniciens et industriels du diagnostic ?

Le développement de nouveaux tests diagnostiques nécessite une approche interdisciplinaire combinant les compétences et les efforts des chimistes, des biologistes, des cliniciens et, enfin, des partenaires industriels. Cependant, il n'est pas facile de réunir ces différents acteurs, car la recherche est traditionnellement très spécialisée :

chacun travaille dans son propre laboratoire, dans une discipline spécifique et autour de questions de recherche bien définies.

Le problème vient notamment du manque de communication entre les acteurs de différentes disciplines. Les chimistes et les biologistes ne sont ainsi pas toujours conscients que leurs recherches pourraient contribuer à répondre à des problèmes médicaux importants. Par conséquent, les collaborations fructueuses entre ces différents acteurs résultent souvent de rencontres fortuites lors de conférences ou d'autres événements scientifiques interdisciplinaires.

Une approche plus rationnelle consiste à organiser des réseaux destinés à réunir les différents partenaires. Nous avons récemment lancé le réseau ChemBioMed, qui vise spécifiquement à rassembler des chimistes, des biologistes, des cliniciens ainsi que des start-up et des entreprises privées de plus grande taille afin de répondre à des défis fondamentaux en médecine. Dans ce contexte, le diagnostic des maladies constituera l'une des priorités.

Nous souhaitons organiser des rencontres régulières entre chercheurs de différentes disciplines, sous la forme de réunions informelles (déjeuners de travail et apéritifs) et de rencontres plus formelles (conférences), afin de favoriser les échanges libres entre les différents acteurs. Ce réseau sera particulièrement important pour réduire les frontières qui existent actuellement entre la recherche fondamentale en chimie et en biologie et les besoins médicaux non satisfaits en matière de diagnostic et de thérapie. Le réseau permettra de structurer les partenaires scientifiques à Strasbourg, de stimuler le tissu industriel local et, parallèlement, d'accroître la visibilité du réseau aux niveaux national et international afin de favoriser les échanges à l'échelle mondiale et de rester attractifs et compétitifs.

Je suis convaincu que cette approche peut stimuler le développement de nouvelles technologies diagnostiques dans notre région et accélérer le transfert vers la clinique des nouvelles idées issues des laboratoires de chimie et de biologie. •

Line Bourel professeur à la Faculté de Pharmacie « Vers de nouveaux antifongiques »

Pourquoi la recherche de nouveaux antifongiques est-elle devenue un enjeu majeur de santé publique ?

L'émergence d'isolats multi-résistants plonge le monde médical dans une réalité dramatique : nous manquons d'agents anti-infectieux efficaces. On estime que d'ici 2050, si on ne prend pas ce problème à bras le corps, la première cause de mortalité dans le monde sera d'origine microbiologique. Or, les infections potentiellement mortelles ne sont pas seulement causées par des bactéries résistantes, mais aussi par des champignons microscopiques redoutables, qui provoquent au moins 3,8 millions de décès par an dans le monde. Dans notre projet, les infections fongiques invasives (IFI) nous intéressent tout particulièrement, notamment celles causées par les levures du genre *Candida*. Elles peuvent être disséminées ou toucher les organes profonds et sont immédiatement graves – voire mortelles dans près de la moitié des cas – pour plusieurs raisons :

Premièrement, les IFI sont favorisées par la proportion croissante de patients immunodéprimés. Ainsi, leur système immunitaire peut être affaibli soit après des traitements médicamenteux (anticancéreux, immunosuppresseurs...), soit dans le cadre de maladies chroniques (diabète...) ou infectieuses (Covid-19, grippe, SIDA...), ou encore suite à de multiples traumatismes (brûlures étendues) et à des gestes invasifs (réanimation...). Des millions de patients sont menacés par les IFI, non seulement dans le monde entier, mais aussi à notre porte.

Deuxièmement, la liste des médicaments antifongiques dont dispose un clinicien pour traiter les infections fongiques invasives est très limitée, puisqu'elle ne comprend principalement que quatre familles. L'arsenal antifongique se compose de l'amphotéricine B, un agent à spectre large mais néphrotoxique ; de la 5-fluorocytosine, faiblement active et très rarement utilisée ; ainsi que des azolés, dont certains s'avèrent de

moins en moins efficaces contre les IFI. La quatrième famille, plus récente et plus sûre, est celle des échinocandines, mais aujourd'hui, de plus en plus d'isolats de *Candida* leur présentent une faible sensibilité. Pendant longtemps, la recherche sur les antifongiques a été négligée. Elle vient d'être ré-encouragée par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) dans deux directives marquantes : i) en octobre 2022, des levures telles que *Candida albicans* et *Candido-zy- ma auris* ont été classées parmi les agents pathogènes « critiques », c'est-à-dire mettant en danger la vie des patients ; ii) en avril 2025, il a été montré que le pipeline de R&D était clairement insuffisant et que la concurrence était pratiquement inexistante. Par conséquent, l'OMS encourage massivement la recherche fondamentale collaborative sur les modalités d'action et de résistance, dans le but d'identifier de nouveaux médicaments antifongiques à moyen terme.

Troisièmement, certaines substances antifongiques, notamment les azolés, sont désormais cliniquement inefficaces en raison de l'utilisation intensive en agriculture et en horticulture de molécules similaires appartenant à la même famille. Cette surutilisation a entraîné la propagation de résistances. De plus, alors que les hôpitaux sont confrontés à une promiscuité et à des pressions budgétaires croissantes, l'explosion démographique et le réchauffement climatique ont favorisé l'émergence sans précédent de levures menaçant la santé publique. Aujourd'hui, la plus alarmante d'entre elles est *Candido-zy- ma auris*. Cette levure thermotolérante est rapidement devenue multirésistante et est désormais responsable d'épidémies intra-établissement et de crises hospitalières dramatiques. Il est important de noter que la menace fongique est devenue un enjeu majeur de santé publique globale, qu'on peut qualifier de « One Health ».

Quels sont les principaux défis scientifiques dans la conception de molécules antifongiques efficaces et sûres ?



Professeur de Chimie Thérapeutique à la Faculté de Pharmacie, Line Bourel est chef du projet FUNGIPEP Laboratoire d'Innovation Thérapeutique (LIT), UMR 7200 CNRS/Unistra, équipe Chémobiologie et Pharmacognosie pour la Santé (CPS), Faculté de Pharmacie de l'Université de Strasbourg.

« LA MENACE FONGIQUE EST DEVENUE UN ENJEU MAJEUR DE SANTÉ PUBLIQUE GLOBALE, QUE L'ON PEUT QUALIFIER DE "ONE HEALTH". »

« L'IDÉAL EST QUE LE MÉCANISME D'ACTION SOIT ORIGINAL, TOUT EN VISANT UNE BALANCE BÉNÉFICE/RISQUE FAVORABLE POUR LE PATIENT. »

Pour qu'un antifongique soit pertinent, il doit d'abord être efficace *in vitro* et généralement on le choisira parmi plusieurs candidats potentiels. Son spectre doit être si possible large, c'est-à-dire qu'il doit être actif contre plusieurs espèces pathogènes, sinon au moins sur une contre laquelle il n'y a pas de solution thérapeutique. Sa capacité fongistatique ou fongicide est également évaluée. On choisira aussi une substance ayant une faible propension à déclencher des résistances et on cherchera à l'évaluer seule ou en association avec un antifongique déjà connu. L'idéal est que son mécanisme d'action soit original et donc différent de celui des substances déjà employées. De plus, en thérapeutique, on dit *Primum non nocere*, il convient donc d'évaluer très précocement la sélectivité et la sécurité des candidats-médicaments et de viser une balance bénéfice/risque favorable : un traitement n'est justifié que si ses bénéfices attendus dépassent ses risques pour le patient.

Comment la chimie thérapeutique peut-elle répondre à la progression des résistances aux traitements existants ?

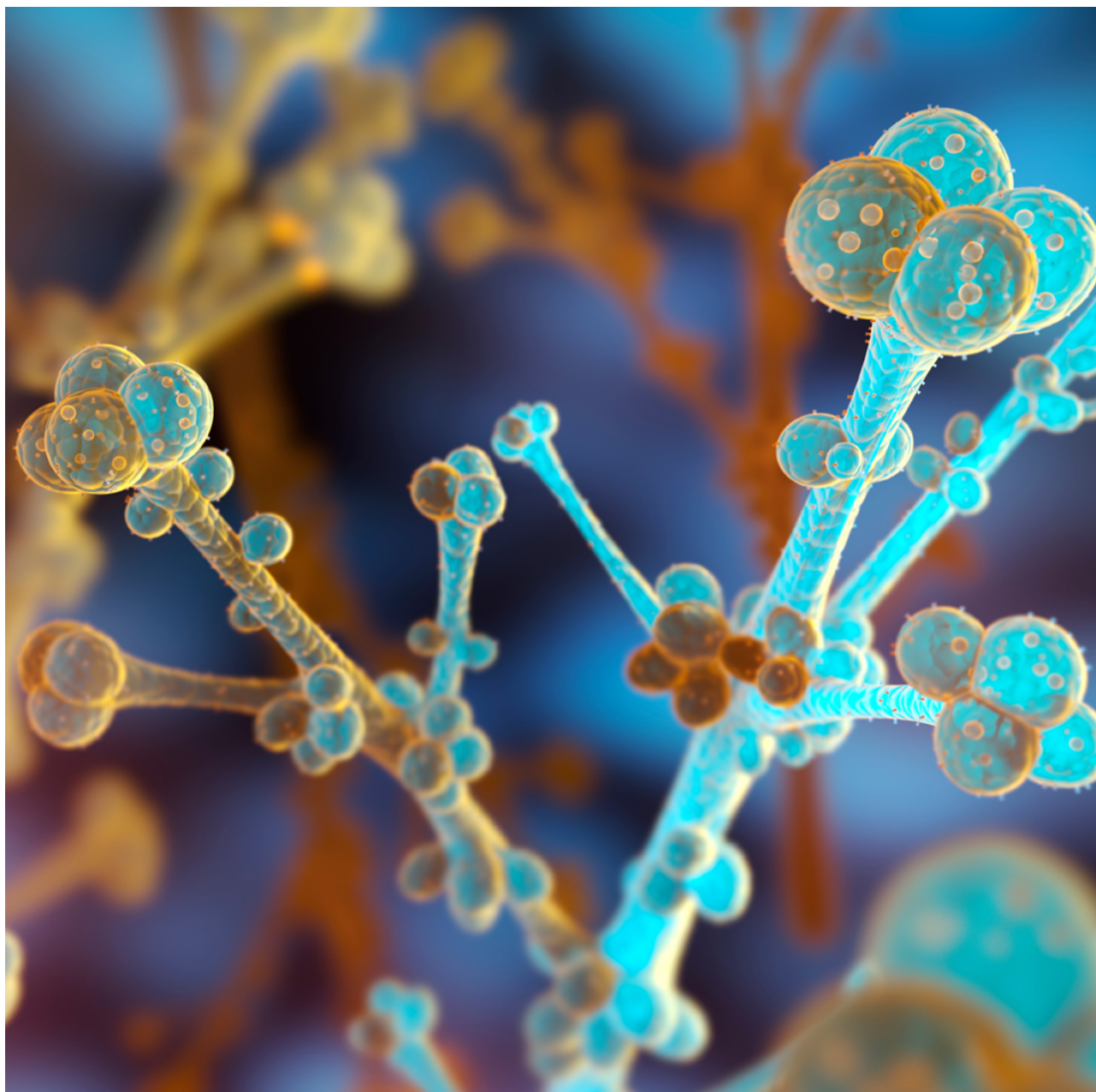
Selon le *Dictionnaire de l'Académie nationale de Pharmacie*, la Chimie Thérapeutique (ou Pharmacochimie) est une branche de la chimie qui a pour objets : i) d'identifier, concevoir, synthétiser et/ou optimiser des substances biologiquement actives à haute pharmacopotentialité ; ii) d'interpréter leur mode d'action à l'échelle moléculaire par la description des interactions avec leur cible, en se fondant notamment sur l'établissement de relations structure-activité (RSA) et la définition d'un pharmacophore (partie de la molécule responsable de l'activité), iii) tout en se préoccupant de leur devenir dans l'organisme en se basant sur des relations structure-propriétés physico-chimiques (RSP). La chimie thérapeutique est en interaction étroite avec d'autres disciplines chimiques (chimies organique et analytique, modélisation moléculaire...), biologiques (biochimie, biologie moléculaire, microbiologie...) et surtout pharmaceutiques (pharmacodynamie, pharmacocinétique, toxicologie, pharmacie galénique, pharmacie clinique...).

En travaillant à l'interface avec la mycologie médicale de terrain, nous les pharmacochimistes pouvons proposer des solutions moléculaires adaptées. Sitôt synthétisées, nos molécules sont évaluées *in vitro* sur des isolats fongiques : des souches de référence, mais aussi des souches résistantes aux antifongiques courants. En nous entourant de microbiologistes capables de nous aider à comprendre les mécanismes d'action et de résistance, nous pouvons concevoir des outils moléculaires originaux, pertinents et efficaces, dont les modalités sont différentes de celles des traitements existants.

En quoi la collaboration entre chimistes et mycologues médicaux constitue-t-elle un modèle particulièrement fécond ?

Dans cette aventure, Dr Marcella Sabou, médecin spécialiste en mycologie médicale aux Hôpitaux Universitaires de Strasbourg (HUS), a une approche clinique et physiopathologique issue de son quotidien de microbiologiste. Elle a accès à des souches de référence mais aussi à des souches isolées de patients hospitalisés, qui pour certaines sont résistantes aux antifongiques classiques. Nous testons donc nos nouvelles molécules sur des souches pertinentes. Dr Sabou a aussi une connaissance des exigences de terrain. Ainsi, elle connaît les modes d'emploi des médicaments antifongiques et peut nous orienter sur la solubilité requise des substances actives, les attentes pharmacocinétiques et les voies d'administration à privilégier. Avec la chimie thérapeutique, on peut vraiment avoir un effet sur les propriétés physico-chimiques des substances actives (RSP) et donc leur devenir. Enfin, Dr Sabou connaît le marché (prix des traitements, sécurité du patient, besoins médicaux non satisfaits...). Discuter ensemble nous permet donc de nous focaliser sur les substances qui auront le plus de chances de devenir des candidats précliniques.

La force de ce projet est la proximité entre les équipes : les synthèses, le criblage et les caractérisations physico-chimiques sont réalisées à Illkirch au LIT (UMR7200, Faculté de Pharmacie) et à la Plateforme de Chimie Biologique Intégrative de Strasbourg (PCBIS, UAR 3286, Pôle API) ; les tests à bas débit *in vitro*



sont effectués aux HUS (ToPaMIn, UR 3075). Nous avons une grande interconnexion. La communication est fluide et les échanges scientifiques entre nous sont fructueux. Les mycologues préparent les isolats et ont formé les pharmacochimistes à l'expérimentation *in vitro*. Les pharmacochimistes effectuent les tests, et les mycologues les aident dans l'interprétation. Les relations structure-activité (RSA) et structure-propriétés (RSP) se construisent donc au fur et à mesure et les ajustements moléculaires sont effectués dans la foulée.

Pour démarrer cette aventure à l'échelle locale, nous avons été soutenus par l'Unistra, d'abord par un IdEx « Recherche explora-

toire » grâce auquel des résultats préliminaires ont été obtenus en 2023. Sur cette base, un *fellowship* USIAS nous a permis de consolider le sujet en 2024-2025. L'IMS a été impliqué dans la translation de certains résultats vers la recherche de candidats précliniques en 2025. À l'échelle nationale, un financement ANR vient d'être obtenu en 2026 dans la section « Innovation Biomédicale » pour soutenir notre recherche jusqu'en 2030. Celle-ci implique le LIT, les HUS et PCBIS pour la partie alsacienne, mais aussi le Laboratoire de Chimie Physique et Microbiologie pour les Matériaux et l'Environnement de Nancy (LCPME, UMR 7564 CNRS/ Université de Lorraine) pour la partie biophysique et la plateforme *Fungiline* de Nantes (IICi-

▲ Illustration 3D de *Candida auris*.
© Peter Schreiber.

« LA FORCE DE CE PROJET EST LA PROXIMITÉ ENTRE LES ÉQUIPES : NOUS AVONS UNE GRANDE INTERCONNEXION, UNE COMMUNICATION FLUIDE ET DES ÉCHANGES SCIENTIFIQUES FRUCTUEUX. »

Med, UR 1155) pour les recherches mécanistiques et les essais *in vivo*.

Quelles étapes sont nécessaires pour transformer une série chimique prometteuse en candidat thérapeutique crédible ?

Outre tous les pans de l'expérimentation sur l'efficacité *in vitro* d'un composé (cités plus haut), sa pharmacopotentialité devra également être évaluée. En effet, un bon candidat préclinique doit pouvoir être brevetable, sa synthèse sera transposable industriellement et il offrira une triade « qualité-sécurité-efficacité » remarquable. Pour cela, des essais physico-chimiques et biologiques permettront d'évaluer ses futures propriétés pharmacocinétiques, sa sélectivité et son absence de toxicité, ainsi que son activité sur des modèles animaux. Dans notre cas, nos collaborateurs Nantais possèdent toute la chaîne de valeur préclinique, ils maîtrisent notamment deux modèles d'animaux infectés par une IFI : d'abord chez *Galleria mellonella* (une larve de lépidoptère) puis chez la souris.

Enfin, si le candidat préclinique répond à toutes ces conditions, il avancera vers les essais cliniques dans un cadre pharmaceutique réglementé, soit entièrement privé ou à la faveur d'un partenariat public/privé, afin d'évaluer sa sécurité et son efficacité chez l'espèce humaine. Il faudra aussi qu'il rencontre un marché et un besoin médical non couvert. Certes, en clinique, il ne manque pas de souches de champignons résistantes aux antifongiques actuels, mais si la concurrence développe une substance comparable, voire meilleure, le développement s'arrêtera net.

Enfin, il faudra que l'entreprise qui a porté le développement puisse avoir un retour sur investissement. Comment faire ? Du côté du soignant, un bon diagnostic doit être assuré pour ne pas perdre de temps en pensant que le tableau clinique puisse être dû à un agent bactérien plutôt que fongique. Ainsi, le nouveau médicament antifongique doit pouvoir être réellement utilisé pour sauver des patients dans une stratégie anti-infectieuse optimale, et pas uniquement gardé sous le coude en cas d'échec thérapeutique. Le nouveau médicament doit ap-

porter un vrai plus pour le patient et le soignant. Tous ces impératifs justifient le prix de développement et la rareté des nouveaux médicaments.

Comment mieux soutenir le développement de traitements dans des domaines parfois moins attractifs pour l'industrie pharmaceutique ?

La majorité des antifongiques employés contre les IFIs sont distribués sous forme de génériques depuis longtemps, ainsi le fluconazole, l'itraconazole et le voriconazole coûtent entre 20 et 2000 € le traitement ; la caspofungine, la micafungine et l'anidulafungine coûtent entre 2000 et 5000 € le traitement. Seuls l'isavuconazole (Cresemba®) et la rézafungine (Rezzayo®) sont commercialisés sous forme de princeps à l'heure actuelle et affichent des prix plus élevés (entre 3000 à 15000 € le traitement). Les industries pharmaceutiques se sont désengagées de la recherche anti-infectieuse depuis longtemps (au moins depuis le scandale de la méfloquine) en mettant en avant un retour sur investissement plus faible que pour les autres médicaments, notamment ceux qui traitent les maladies chroniques. En effet, un médicament anti-infectieux est utilisé pendant quelques jours voire quelques semaines ; il est prescrit à un nombre limité de patients, surtout lorsqu'il s'agit d'une molécule innovante qu'on veut préserver, et il est rapidement concurrencé par des génériques. Dans le domaine des antifongiques, les deux directives de l'OMS mentionnées plus haut (octobre 2022 et avril 2025) ont un effet stimulant, mais les conséquences ne seront appréciables que tardivement, puisqu'il faut au moins une quinzaine d'années pour développer un nouveau médicament. Certaines compagnies pharmaceutiques ont basé une partie de leur modèle économique sur les anti-infectieux tout en gardant un portefeuille diversifié. Certains états mettent en place des mécanismes de soutien pour rendre le développement d'anti-infectieux plus attractif. Un changement de paradigme est donc en marche et c'est tant mieux. •

« UN CHANGEMENT DE PARADIGME EST EN MARCHE POUR RENDRE LE DÉVELOPPEMENT DES ANTI-INFECTIEUX PLUS ATTRACTIF. »

Guilhem Chaubet directeur de recherche au CNRS

« Des anticorps sur mesure »

Pourquoi la sélectivité est-elle un enjeu central dans la conjugaison des protéines ?

Commençons par définir certains termes techniques. Les protéines sont une classe de molécules essentielles à la vie (les biomolécules), capables d'effectuer d'innombrables actions dans notre corps (protection, motricité, vision, respiration, etc.). Ce sont de grosses molécules (on parle de macromolécules) résultant de l'association de plusieurs dizaines, centaines voire milliers d'acides aminés, qui sont donc vus comme les briques fondamentales des protéines – comme des Lego de différentes tailles et couleurs que l'on assemble pour former des structures très diverses. Il est parfois nécessaire de modifier certaines de ces protéines en laboratoire : les chimistes vont alors greffer d'autres molécules à ces protéines, afin de les rendre fluorescentes par exemple ou plus résistantes au métabolisme de notre corps – on dit que les protéines sont alors conjuguées. Cette conjugaison, cette modification, des protéines est cependant délicate car les protéines sont des molécules fragiles et complexes, que l'on doit donc manipuler avec précaution. Leur complexité réside notamment dans l'enchaînement des acides aminés qui la composent : parmi les vingt briques fondamentales dont la Nature dispose pour construire les protéines, certaines vont être plus réactives que d'autres, plus faciles à conjuguer que d'autres. Sauf qu'un même type de brique peut être utilisée plusieurs fois dans la construction d'une protéine et se retrouver donc à plusieurs endroits de la protéine. Ainsi, lorsque l'on essaye de conjuguer notre protéine, cette modification peut être réalisée non seulement sur plusieurs types d'acides-aminés différents, mais aussi sur les plusieurs copies d'un même type d'acide aminé. Le chimiste étant aveugle dans ce processus – bien que volumineuses, les protéines n'en demeurent pas moins invisibles à l'oeil humain, même au travers d'un microscope –, le contrôle de la conjugaison est

extrêmement difficile et aboutit très souvent à une certaine hétérogénéité, c'est-à-dire à une absence de contrôle précis du site de modification : certaines protéines porteront une seule modification, d'autres plusieurs, souvent localisés en divers endroits variables. Or, dans un contexte thérapeutique, où chaque paramètre peut avoir une influence critique sur l'activité biologique de la protéine conjuguée, cette hétérogénéité crée au sein d'un même échantillon des sous-populations de protéines conjuguées qui seront excrétées plus ou moins vite, qui seront plus ou moins toxiques, ou encore plus ou moins efficaces. La maîtrise de la conjugaison permet ainsi de s'affranchir de cette hétérogénéité et de ne produire qu'un seul type de protéine conjuguée, avec des propriétés biologiques clairement identifiées et invariables d'un lot à un autre.

Comment la bioconjugaison contribue-t-elle à l'émergence de nouvelles générations de produits de santé ?

La bioconjugaison permet donc le mariage entre une biomolécule et n'importe quelle autre molécule. Dans le domaine de la santé, l'extrême majorité des biomolécules employées sont des anticorps, des protéines capables de reconnaître sélectivement certains composants anormaux de notre corps. À l'inverse des anticorps que nous produisons naturellement lors d'une infection, les anticorps utilisés en clinique sont des anticorps synthétiques, c'est-à-dire produits en laboratoire. Malgré cela, ils sont en tous points similaires à des anticorps humains naturels, à la seule différence qu'ils sont capables de reconnaître sélectivement des protéines contre lesquelles nos anticorps naturels sont inopérants, notamment des protéines localisées sur des cellules cancéreuses. Cette reconnaissance entraîne alors la destruction des cellules tumorales par notre système immunitaire qui était inopérant jusqu'ici. Ceci explique donc pourquoi l'oncologie est le domaine d'application thérapeutique principal



Guilhem Chaubet est directeur de recherche au CNRS au Laboratoire de chémo-biologie synthétique et thérapeutique (CNRS-Université de Strasbourg), à la Faculté de pharmacie. Il dirige l'équipe Chimie biofonctionnelle, spécialisée notamment dans la bioconjugaison et les conjugués anticorps-médicaments. Il est lauréat d'un ERC Consolidator Grant 2025 pour le projet MuSyC.

« GRÂCE À LA BIOCONJUGAISON, LES MOLÉCULES DE CHIMIOTHÉRAPIE PEUVENT ÊTRE GREFFÉES SUR DES ANTICORPS THÉRAPEUTIQUES ET DÉLIVRÉES AU SEIN DES CELLULES CANCÉREUSES GRÂCE AU CIBLAGE DE L'ANTICORPS. »

« LE DÉFI CONSISTE À GREFFER DE PETITES MOLÉCULES SUR DES PROTÉINES COMPLEXES ET FRAGILES, SANS ALTÉRER LEUR STRUCTURE NI LEUR CAPACITÉ DE CIBLAGE. »

des anticorps synthétiques, ayant conduit à l'émergence de l'immunothérapie – la thérapie par notre système immunitaire. Ayant désormais une protéine capable de cibler et d'entraîner la destruction des cellules cancéreuses, les scientifiques se sont saisis de cette opportunité pour développer des traitements ciblés plus efficaces que les chimiothérapies conventionnelles. Avant l'avènement de l'immunothérapie, la chimiothérapie peinait à distinguer cellules saines de cellules cancéreuses et pouvait tuer les deux populations de façon indistincte, expliquant la survenue d'effets secondaires fortement indésirables. Grâce à la bioconjugaison, ces molécules de chimiothérapie peuvent désormais être greffées sur des anticorps thérapeutiques, assurant le relargage de ces substances toxiques au sein des cellules cancéreuses uniquement, grâce au ciblage de l'anticorps. Ces nouveaux médicaments, appelés conjugués anticorps-médicament (ou ADC, pour antibody-drug conjugates) ont révolutionné le domaine de l'oncologie et continuent de le faire, 25 ans après leur première autorisation clinique. La bioconjugaison ne se limite toutefois pas à la formation d'ADC : elle permet aussi de greffer des atomes radioactifs ou des agents de contraste sur les anticorps, pour des applications de radiothérapie ciblée ou de diagnostic, respectivement. Au-delà des anticorps, la bioconjugaison permet aussi de modifier des nanoparticules, pouvant transporter des gènes thérapeutiques ou de grandes quantités de médicament, offrant des perspectives d'évolution s'étendant au-delà de la seule oncologie.

Quels sont les défis chimiques à surmonter pour modifier une protéine sans altérer sa fonction biologique ?

Outre les soucis de sélectivité que l'on a abordés précédemment, les défis chimiques sont multiples, principalement dû au fait que l'on essaie de greffer de petites molécules sur des grosses protéines dont la structure est complexe et fragile et cela sans voir ce que l'on fait. Une des conséquences fâcheuses évidentes de cette situation concerne le site de conjugaison : s'il se trouve au même endroit que

le site actif de l'anticorps (son site de reconnaissance), alors on risque d'inactiver notre anticorps et de masquer sa capacité de ciblage. De la même façon, les anticorps supportent mal des conditions de conjugaison trop « dures » : températures supérieures à 35 °C ou inférieures à 4 °C, pH trop acide ou trop basique, utilisation de molécules trop hydrophobes ou trop réactives, tout cela peut conduire à une déstabilisation de la protéine, conduisant à son agrégation ou sa dénaturation. Ceci peut être aussi constaté lors de conjugaisons trop importantes : un rapport protéine-molécule conjuguée supérieur ou égal à un pour huit – soit huit molécules conjuguées par anticorps –, peut provoquer des phénomènes d'agrégation ou d'excrétion rapide chez le patient. À l'inverse, un rapport trop faible, typiquement inférieur ou égal à un pour deux, peut générer des conjugués anticorps-médicament ne possédant qu'une faible efficacité. Enfin, un dernier défi concerne le lien moléculaire entre l'anticorps et la molécule d'intérêt qui lui est greffée. En effet, que cette molécule soit un médicament, une substance radioactive ou un agent de contraste, elle n'est jamais greffée directement sur l'anticorps : elle est tout d'abord greffée sur une molécule que l'on nomme classiquement linker qui, comme son nom l'indique, lie l'anticorps à la molécule qu'il transporte. Ce linker permet de compenser les phénomènes d'agrégation évoqués précédemment et dicte surtout comment et où la molécule utile sera libérée. Cependant, des phénomènes d'instabilité inhérents à la structure chimique du linker causent souvent sa rupture avant que l'anticorps n'ait atteint sa cible, entraînant donc un relargage de la molécule d'intérêt ailleurs que là où l'on souhaite l'apporter et donc une perte du ciblage.

Comment évaluer la sécurité, la stabilité et l'efficacité de biomolécules fonctionnalisées ?

Lorsque l'on produit un nouveau conjugué anticorps-médicament au laboratoire, on vérifie tout d'abord son activité et son ciblage *in vitro*, c'est-à-dire sur des cultures de cellules cancéreuses. Dans ce cas-là, deux types de cellules sont classiquement em-

ployées : une famille (on parle de lignée) présentant la protéine reconnue par notre anticorps – dite lignée positive – et une lignée négative, ne possédant pas la protéine d'intérêt. Ceci nous permet de confirmer la sélectivité et l'efficacité de notre conjugué : si une toxicité est bel et bien constatée sur la lignée positive, synonyme d'efficacité, une absence de toxicité sur la lignée négative doit aussi être observée en parallèle, gage de sélectivité : notre conjugué détruit uniquement les cellules présentant les protéines que l'anticorps cible. Les conjugués anticorps-médicament étant classiquement injectés en intraveineuse chez les patients, nous pouvons aussi placer nos anticorps conjugués dans du plasma sanguin (du sang que l'on a préalablement centrifugé pour éliminer les cellules sanguines) à 37 °C pendant plusieurs jours, afin de mimer la circulation sanguine et de mesurer son impact sur la stabilité du linker. Si ces essais sont concluants, nous pouvons alors envisager des études *in vivo*, généralement sur des souris porteuses de tumeurs afin de confirmer l'efficacité de nos composés, ainsi que sur des souris saines, afin de prouver l'innocuité de nos composés.

Quelles collaborations sont nécessaires pour transformer une innovation de chimie méthodologique en application médicale ?

Tout dépend du niveau d'avancement du projet. Nous, chimistes, sommes à la base du processus : nous synthétisons les molécules d'intérêt, les linkers, les assemblons puis conjuguons le tout. A ce stade, nous avons besoin du soutien de la chimie analytique afin de caractériser nos conjugués nouvellement synthétisés et de déterminer leur structure (nombre de molécules greffées par anticorps, identification du site de conjugaison, etc.). Viennent ensuite les biologistes pour les tests *in vitro* et *in vivo* mentionnés précédemment. À ce stade-là, et en cas de résultats positifs, nous nous tournons généralement vers la Société d'accélération de transfert de technologie (SATT) Conectus qui va nous accompagner pour valoriser nos découvertes : prise de brevet, poursuite du projet de recherche dans le cadre de programmes de prématuration puis de maturation,



éventuellement octroi de licence ou création de start-up – c'est le moment où les projets quittent la sphère purement académique. Dans les rares cas où les projets rejoignent ce stade et où les résultats sont positifs, il faut ensuite trouver un soutien financier conséquent, généralement auprès de fonds d'investissements, afin de finaliser les études précliniques et valider l'intérêt thérapeutique de nos composés. Si tout se passe bien, on peut alors envisager des essais cliniques – phases I, II, III – en lien avec des hôpitaux et des centres d'investigation clinique pour accéder aux patients. Au bout de ce long processus intervient enfin la demande d'autorisation de mise sur le marché, afin que le médicament puisse être commercialisé et administré plus largement. C'est donc un processus extrêmement long – dix à quinze ans au moins sont nécessaires entre la découverte d'une molécule prometteuse au laboratoire et sa commercialisation sous la forme d'un médicament –, coûteux – plusieurs centaines de millions de dollars, voire milliards pour le coût total – et périlleux – moins de 10 % des substances rentrant en essai clinique finissent par être commercialisées –, nécessitant l'étroite collaboration de dizaines de corps de métier différents. •

▲ Illustration 3D d'un conjugué anticorps-médicament (ADC).
© AdobeStock.

« DIX À QUINZE ANS AU MOINS SONT NÉCESSAIRES ENTRE LA DÉCOUVERTE D'UNE MOLÉCULE PROMETTEUSE AU LABORATOIRE ET SA COMMERCIALISATION SOUS LA FORME D'UN MÉDICAMENT. »

Pr Christian Debry directeur général IHU Strasbourg

« La chirurgie entre dans l'ère 4.0 »



Christian Debry, MD, PhD, professeur aux HUS, chef du service d'ORL et de Chirurgie Cervico-faciale et du pôle Tête et Cou, spécialiste de chirurgie de la base du crâne et rhinologique, directeur général de l'IHU de Strasbourg, vice-doyen des Relations Internationales de la Faculté de Strasbourg, Unité Inserm 1121 Biomatériaux et Bioingénierie, Membre de l'Académie Nationale de Chirurgie.

Quel rôle l'IHU Strasbourg peut-il jouer dans la stratégie globale de recherche en santé du site ?

L'IHU Strasbourg est l'Institut Hospitalo-Universitaire dédié à la chirurgie 4.0, c'est-à-dire mini-invasive, guidée par l'image et augmentée par l'IA et la robotique. Dans la stratégie de recherche en santé du site, il crée une coopération innovante entre l'université, les HUS, les organismes de recherche et les industriels. Sa visibilité est internationale et il est un des maillons forts pour renforcer l'attractivité et la compétitivité strasbourgeoise.

L'IHU est un opérateur de recherche d'excellence, grâce à des équipes de recherche académique reconnues internationalement. Cette excellence est démontrée : l'évaluation par le Hcéres a souligné les apports scientifiques décisifs de l'IHU, se traduisant par de nombreuses publications de qualité, un rayonnement scientifique international avéré, une capacité à attirer des talents et à les conserver. Dans ses disciplines socles, i.e. chirurgie, médecine interventionnelle, imagerie médicale, et robotique, l'indice d'impact scientifique des publications de l'IHU dépasse de 20 % la moyenne mondiale toutes spécialités confondues et se situe également au-dessus de l'indice d'impact de la recherche biomédicale en France.

L'esprit d'IHU est fédérateur et interdisciplinaire. Centré à sa création sur la chirurgie digestive, l'institut couvre désormais toutes les grandes disciplines chirurgicales et interventionnelles. La richesse de son environnement scientifique, avec des équipes qui opèrent dans les domaines de la l'IA, de la robotique, de la biologie et de la chimie, lui permet de monter des projets de recherche originaux, à la pointe de l'état de l'art, pour lesquels il recherche des cofinancements compétitifs au niveau national et européen. Cette interdisciplinarité, qui est la marque de l'Université et des organismes de recherche strasbourgeois, est une terre de recherche exceptionnelle par sa densité. Elle permet d'envisager de champs de recherche véritable-

ment novateurs pour préfigurer les révolutions thérapeutiques à venir, par exemple la biochirurgie.

L'IHU est un tiers lieu d'expérimentation et un catalyseur d'innovation ouvert aux équipes scientifiques et médicales strasbourgeoises. Dans son domaine, il assure la coordination entre recherche, soin et industrie, pour accélérer le transfert des résultats de la recherche vers les applications cliniques utilisables en vie réelle au bénéfice des patients. Son bâtiment est d'ailleurs une illustration sa mission de stimuler la qualité des soins, l'innovation et l'éducation en combinant des capacités cliniques, de recherche et d'expérimentation. Les locaux sont partagés avec les Hôpitaux Universitaires de Strasbourg et l'équipe de recherche en robotique et sciences des données pour la santé de l'Université de Strasbourg. Les plateaux de blocs opératoires cliniques et pré-cliniques), équipés avec les modalités d'imagerie interventionnelle les plus avancées parmi lesquelles la seule IRM clinique interventionnelle à bas champ en France, sont des références internationales. Le regroupement des moyens techniques et des compétences pour le test et l'expérimentation des technologies médicales selon les bonnes pratiques de laboratoire et clinique dans un seul bâtiment est sans équivalent. L'IHU est d'ailleurs partenaire du grand projet européen TEF-Health pour l'évaluation des technologies d'IA et de robotique médicale.

Comment la chirurgie guidée par l'image transforme-t-elle les pratiques médicales et chirurgicales ?

La chirurgie guidée par l'image utilise des informations issues de l'imagerie médicale pour planifier, naviguer, assister le geste, adapter la stratégie chirurgicale, ou contrôler et évaluer un geste diagnostique ou thérapeutique, avant, pendant ou après l'intervention. L'imagerie est multimodale et multi-échelle, avec un spectre très large de technologies : vidéo endoscopique, rayons

« L'IHU EST UN TIERS LIEU D'EXPÉRIMENTATION ET UN CATALYSEUR D'INNOVATION OUVERT AUX ÉQUIPES SCIENTIFIQUES ET MÉDICALES STRASBOURGEOISES. »

X (scanner et fluoroscopie), IRM, PET, échographie, fluoroscopie, mais aussi imagerie microscopique et de fluorescence. La science des données chirurgicales est née avec la chirurgie guidée par l'image. La transformation est profonde, globalement sur trois grands aspects : Les nouveaux standards chirurgicaux, l'intégration de nouvelles technologies et l'évolution de la formation chirurgicale.

La chirurgie guidée par l'image est indissociable de la chirurgie mini-invasive. Elle garantit une précision inédite et une personnalisation accrue des interventions. L'utilisation de l'imagerie, en temps réel ou non, permet aux chirurgiens de visualiser avec une grande exactitude les structures anatomiques et les anomalies, ce qui permet des interventions plus précises, moins invasives, avec un niveau augmenté de sécurité. Grâce à ces avancées technologiques, de nouveaux standards chirurgicaux peuvent-être redéfinis, qui réduisent les marges d'erreur et où chaque décision est éclairée par des données en temps réel.

L'essor de la chirurgie 4.0 est une conséquence directe de l'apport de l'image, qui a ouvert la voie à l'intégration de la réalité augmentée et de la robotique au bloc opératoire. L'IA ouvre maintenant des perspectives particulièrement intéressantes pour transformer les images et vidéos peropératoires en une source d'information exploitable en temps réel. Elle peut déjà reconnaître les instruments, les structures anatomiques et les différentes étapes d'une intervention et fournir une imagerie augmentée en temps réel. À terme, elle pourra détecter précocement certaines complications et évaluer la qualité du geste chirurgical. On passe d'une simple visualisation à une compréhension intelligente du champ opératoire, l'IA agissant comme un copilote du chirurgien pour l'assister dans ses décisions et l'alerter au besoin. Les défis restent nombreux parmi lesquels la démocratisation et frugalité des outils, les questions éthiques et réglementaires ainsi que les impacts organisationnels.

La formation chirurgicale va être profondément transformée par la chirurgie mini-invasive guidée par l'image. Le chirurgien du futur devra maîtriser l'interprétation des

images et les outils numériques en intégrant l'imagerie avancée, la simulation chirurgicale et l'utilisation de la réalité virtuelle. La formation des chirurgiens évoluera grâce aux jumeaux numériques, avec des outils de simulation de plus en plus réaliste permettant aux étudiants de s'entraîner dans des conditions proches de celles d'une véritable opération. Cela rapproche la chirurgie d'autres domaines à haut risque, comme l'aviation. On ne demande pas à un pilote d'apprendre une situation dangereuse pour la première fois avec un passager à bord. Sur le même principe, La chirurgie évoluera probablement : « Jamais la première fois sur un patient. ». Ainsi, le modèle traditionnel consistant à observer un chirurgien expérimenté puis à pratiquer sur un patient ne sera plus le seul moyen d'apprendre. Malgré ces avancées, la technologie ne remplacera pas le chirurgien expert, qui restera indispensable pour transmettre son expérience et son jugement.

Quels sont les principaux défis du transfert entre prototype technologique et usage hospitalier courant ?

En premier lieu, il convient de s'interroger sur les conditions qui permettent à une technologie de répondre réellement à un besoin clinique, qui est la garantie d'un usage hospitalier courant. Elles sont bien connues, et on pourrait les résumer en 4 mots : utilité, efficacité, sécurité et intégration dans la pratique médicale.

Une technologie médicale doit résoudre un problème de santé clairement identifié, démontrer son efficacité clinique et sa sécurité, s'intégrer efficacement dans la pratique médicale, et apporter une valeur ajoutée au système de santé, notamment en termes de qualité des soins, d'efficacité, et de viabilité économique. Une technologie médicale ne doit pas se contenter pas d'être techniquement innovante, mais elle doit apporter une valeur utile, démontrable et intégrable dans la pratique de soins. On peut formuler ce continuum de la façon suivante :

Besoin non-couvert > solution pertinente > preuve de bénéfice clinique supérieur aux risques > intégration dans le parcours de soins >



▲ IHU Strasbourg. © DR.

« UNE TECHNOLOGIE MÉDICALE NE DOIT PAS SE CONTENTER D'ÊTRE TECHNIQUEMENT INNOVANTE : ELLE DOIT APPORTER UNE VALEUR UTILE, DÉMONSTRABLE ET INTÉGRABLE DANS LA PRATIQUE DE SOINS. »



▲ IHU Strasbourg. © DR.

valeur pour le patient et le système de santé.

Chaque étape recèle des défis qui concernent à la fois des aspects techniques, réglementaires, organisationnels, économiques et humains. Le point de départ, c'est l'identification d'un besoin médical avéré, auquel on peut apporter une solution technologique issue de travaux de recherche. La proximité forte avec les médecins est capitale car ce sont eux qui font remonter les besoins, qui sont ensuite confirmés par des échanges avec d'autres praticiens, des études de terrain et une veille internationale. Les attentes des patients (amélioration de la qualité de vie, accès à des soins non disponibles) peuvent aussi être à l'origine des développements. Les projets de transferts ne naissent pas d'une opportunité technologique « techno push » ou d'une hypothèse théorique mais d'un problème clinique concret « need driven » qu'il faut résoudre. L'utilité pour les patients doit être posée dès le départ et restée le fil conducteur pendant tout le développement.

Le transfert d'un prototype technologique répondant à un besoin médical, développé en laboratoire, à un dispositif médical commercialisable est le résultat d'une chaîne de valeur bien établie. avec comme principales étapes la validation clinique (précédée ou non d'une évaluation préclinique) pour

évaluer la sécurité, la fiabilité et les effets indésirables, en parallèle avec la certification pour obtenir le marquage CE (UE)/FDA (US). Ce transfert exige un transfert de technologie qui se matérialise le plus souvent par la création d'une startup.

Dans la perspective d'un passage à l'échelle pour un usage hospitalier courant, le défi majeur est celui de l'établissement de la preuve de la valeur en conditions réelles pour passer du passage de « ça fonctionne » à « ça améliore réellement les soins reste cependant celui. Il faut donc mesurer des indicateurs cliniques, organisationnels, économiques et la satisfaction des patients et des soignants. Ces éléments forment le socle de la démonstration d'un rapport coût-efficacité acceptable dans la perspective d'un financement ou, étape ultime, d'un remboursement.

Comment favoriser le dialogue entre chirurgiens, ingénieurs, chercheurs, industriels et patients ?

L'innovation médicale est idéalement une œuvre collective. Favoriser le dialogue entre chirurgiens, ingénieurs, chercheurs, industriels et patients est donc essentiel, car chacun apporte une expertise différente et complémentaire. Les chirurgiens identifient le besoin, en connaissance des difficultés

« L'INNOVATION MÉDICALE EST IDÉALEMENT UNE ŒUVRE COLLECTIVE : CHACUN APPORTE UNE EXPERTISE DIFFÉRENTE ET COMPLÉMENTAIRE. »

techniques et des contraintes cliniques. Les chercheurs apportent les expertises scientifiques nécessaires pour comprendre, tester et valider les nouvelles solutions qui sont conçues par les ingénieurs. Les industriels permettent de passer du prototype à une solution réellement fabriquée, fiable, réglementairement conforme et accessible. Les patients sont les premiers concernés, en rappelant qu'en chirurgie, ils prennent de fait le risque opératoire, et que cette prise de risque doit être transformée en exigence éthique. Leur expérience, leurs attentes et leur qualité de vie permettent de vérifier que l'innovation répond à un véritable besoin médical et humain.

Le dialogue permet de faire circuler les connaissances et les besoins dans les deux sens : partir d'un problème clinique concret, développer une solution scientifiquement et techniquement pertinente, puis vérifier qu'elle est réellement utile au patient. Clairement, c'est la mission canonique des instituts hospitalo-universitaires dont la vocation première est de favoriser une recherche translationnelle d'excellence et d'accompagner les résultats scientifiques vers des innovations pour qu'*in fine* celles-ci deviennent accessible au patient. Les IHU ont été les pionniers d'une méthode d'innovation originale mêlant comme jamais avant la recherche fondamentale et clinique, la formation et la valorisation et réunissant tous les acteurs de la santé : patients, professionnels, chercheurs et industriels. Leur succès est directement lié à leur spécialisation et à leur capacité à décloisonner et à fédérer les énergies pour un objectif commun.

L'IHU Strasbourg est un espace commun de rencontre, de collaboration et de partage des besoins. Mais il ne s'agit pas de se contenter de mettre les acteurs en contact. Il faut créer les conditions pour que les différents acteurs se comprennent, confrontent leurs points de vue et construisent ensemble des solutions adaptées aux besoins réels.

Plus généralement, on peut citer les vecteurs suivants qui créent des occasions de dialogue :

- **Organisation d'événements** : Hackathons, écoles d'été, ateliers de co-conception, webinaires et

tables rondes qui permettent des échanges fructueux, avec des formats courts et interactifs, pour aborder des thèmes précis.

- **Implication des patients dès la conception** : les retours d'expérience patient sont clef pour s'assurer que les solutions répondent à leurs besoins réels, retours d'expérience par les témoignages sur l'utilisation des dispositifs ou des protocoles, associations de patients, comités consultatifs, où patients, soignants et industriels discutent régulièrement des priorités et des améliorations possibles.

- **Structuration des collaborations** par des projets pilotes et des consortiums public-privé (ex : développement d'un nouveau dispositif médical comme les jumeaux numériques), avec des objectifs clairs et des livrables partagés.

- **Identification et promotion des financements** publics ou privés pour les projets pluridisciplinaires et les innovations.

- **Valorisation de la reconnaissance académique** par les publications ou les communications dans des congrès internationaux.

Comment l'IHU peut-il contribuer à l'attractivité internationale de Strasbourg dans le champ des technologies de santé ?

Au sein du cluster des technologies médicales Nextmed, l'IHU contribue à l'attractivité internationale de Strasbourg car c'est un lieu où l'on peut concevoir, tester, valider, former au sein d'un réseau scientifique et industriel européen et mondial. L'attractivité internationale vient aussi de la capacité de l'IHU à travailler avec les autres acteurs strasbourgeois : Université de Strasbourg, Hôpitaux universitaires de Strasbourg, Inserm et CNRS.

C'est un centre d'excellence scientifique à vocation internationale. L'IHU est spécialisé dans la chirurgie mini-invasive guidée par l'image et mobilise des technologies de pointe : imagerie médicale, robotique, réalité virtuelle, intelligence artificielle et santé numérique. Cette spécialisation positionne Strasbourg sur un domaine de très forte croissance des technologies médicales. Il mène un programme médico-scientifique multidisciplinaire d'excellence avec un modèle associé soins, recherche, innovation et formation.

« L'IHU CONTRIBUE À L'ATTRACTIVITÉ INTERNATIONALE DE STRASBOURG CAR C'EST UN LIEU OÙ L'ON PEUT CONCEVOIR, TESTER, VALIDER ET FORMER AU SEIN D'UN RÉSEAU SCIENTIFIQUE ET INDUSTRIEL EUROPÉEN ET MONDIAL. »

« UNE TECHNOLOGIE MÉDICALE DOIT RÉSOUDRE UN PROBLÈME DE SANTÉ CLAIREMENT IDENTIFIÉ, DÉMONTRER UN BÉNÉFICE CLINIQUE ET UNE SÉCURITÉ PROUVÉE, ET S'INTÉGRER EFFICACEMENT DANS LA PRATIQUE MÉDICALE. »

▼ IHU Strasbourg. © DR.



Il dispose d'une infrastructure sans équivalent, qui réunit des plateformes précliniques et cliniques avec une combinaison d'équipements de pointe – imageurs, systèmes robotiques – de plateformes et d'équipe de recherche et de savoir-faire de pointes couvrant tout le continuum de l'innovation, ce qui lui permet de transformer rapidement les résultats de la recherche en applications cliniques. Cette approche translationnelle constitue un facteur important d'attractivité pour les chercheurs, médecins, ingénieurs et entreprises étrangères.

Il a démontré sa capacité à attirer des talents et des professionnels étrangers. L'IHU dispose d'une dimension internationale particulièrement visible dans ses activités de formation. Son bilan fait état de professionnels et étudiants formés issus de 117 pays, ainsi que d'experts formateurs provenant de 41 pays via des masters et les écoles d'été. Cette attractivité se traduit concrètement par la mobilisation de plus de 343 experts internationaux, venus participer aux formations de l'IHU. Cette circulation internationale des compétences contribue à faire de Strasbourg un lieu où se rencontrent des spécialistes venus de différents pays. Les événements comme la B.E.S.T. Innovation Week et l'École d'été en sciences des données chirurgicales attirent des jeunes talents du monde entier, véritable vivier pour de futurs chercheurs et médecins.

Une attractivité pour les entreprises et les startups. L'IHU constitue également un pôle d'innovation attractif pour les entreprises, grâce à l'accès à des experts, à des infrastructures expérimentales et à des environnements cliniques. Sa stratégie vise à développer les collaborations de R&D et accélérer le transfert technologique, accueillir des centres de R&D ou de formation industriels, développer la recherche contractuelle et créer des débouchés pour les spinoffs de l'IHU et les startups françaises. Depuis sa création, l'IHU a conclu des accords de collaboration avec 96 entreprises, dont 12 grandes multinationales, confirmant son rôle de passerelle entre recherche, clinique, innovation et industrie.

Une ouverture européenne qui renforce le rayonnement de Strasbourg. L'IHU ne fonctionne pas

uniquement à l'échelle française. Il participe notamment à plusieurs projets européens, notamment au consortium européen TEF-Health, qui réunit 52 partenaires de neuf pays européens afin de faciliter le passage de la recherche à l'utilisation industrielle dans l'IA et la robotique en santé. Cette participation donne à Strasbourg une place dans les réseaux européens de développement et d'évaluation des technologies médicales. Elle est particulièrement intéressante pour les entreprises étrangères qui cherchent un environnement permettant de tester, valider et faire évoluer leurs dispositifs médicaux dans un contexte clinique réel. Sa position au cœur de l'Europe favorise notamment les coopérations franco-allemandes. Des partenariats stratégiques ont ainsi été noués avec Siemens Healthcare dans l'imagerie médicale et les salles d'opération hybrides, ainsi qu'avec Karl Storz pour l'intégration des blocs opératoires.

Une visibilité internationale qui rejaillit sur l'image de Strasbourg. Enfin, l'IHU contribue à la marque internationale de Strasbourg en participant à de grands événements consacrés à l'innovation. En 2026, sa présence à VivaTech, notamment autour de la chirurgie guidée par les données, a permis de présenter les innovations strasbourgeoises aux startups, investisseurs et industriels internationaux. De même, les premières cliniques françaises de technologies développées avec l'IHU – comme l'utilisation en 2026 de l'assistant d'IA mAI Companion® pour le diagnostic pancréatique – donnent une visibilité concrète à la capacité d'innovation du territoire.

Quelles conditions permettent à une technologie médicale de répondre réellement à un besoin clinique ?

Pour qu'une technologie médicale réponde réellement à un besoin clinique, plusieurs conditions clés doivent être réunies :

- une pertinence clinique avérée la technologie doit adresser un problème de santé prioritaire validé par des données épidémiologiques, des retours de cliniciens, ou des attentes de patients (ex. : réduction de la mortalité, amélioration de la qualité de vie, accès à des soins non disponibles) ;



- des preuves scientifiques basées sur des études cliniques (essais randomisés, méta-analyses) qui doivent démontrer efficacité et sécurité par rapport aux standards existants ;
- une intégration dans un parcours de soins associant compatibilité (la technologie doit s'intégrer sans friction dans les pratiques existantes et être adoptée par les professionnels ET les patients (facilité d'utilisation, acceptation culturelle) ;
- une viabilité économique et organisationnelle (rapport coût/bénéfice, prise en charge par les systèmes de santé, scalabilité, etc. ;
- s'insérer dans un cadre réglementaire et éthique et obtenir les certifications nécessaires ;
- avoir un Impact mesurable (ré-

duction des réhospitalisations, durée et qualité de vie, gain de temps, réduction des erreurs médicales, satisfaction des utilisateurs...) ;

- s'assurer que l'Innovation reste centrée sur les utilisateurs (Implication des cliniciens et des patients dès la phase de R&D pour éviter les solutions « technocentriques ».

Une technologie médicale doit ainsi résoudre un problème de santé clairement identifié, démontrer un bénéfice clinique et une sécurité prouvée, s'intégrer efficacement dans la pratique médicale, et apporter une valeur ajoutée au système de santé, notamment en termes de qualité des soins et d'efficacité.

Ces critères constituent aujourd'hui la base de l'évaluation des innovations en santé avant leur diffusion à grande échelle. •

▲ IHU Strasbourg. © DR.

Fabrice Brunet président du QIS de Montréal

Recherche en santé : l'exemple québécois



Fabrice Brunet est médecin, ancien président-directeur général du CHUM et du CHU Sainte-Justine à Montréal. Il préside depuis 2023 le Quartier de l'innovation en santé de Montréal et est vice-recteur associé au développement des sciences de la santé à l'UQAM. Il a récemment rejoint le Conseil scientifique de la Fondation Force à Strasbourg.

Président-directeur général du Centre hospitalier de l'Université de Montréal (CHUM) de 2015 à 2023, Fabrice Brunet a fait de la coopération entre recherche, soin, innovation et société l'un des fils conducteurs de son action. Le Quartier de l'innovation en santé (QIS), né au sein du CHUM avant de devenir une organisation autonome, constitue l'une des traductions les plus abouties de cette démarche. Sa singularité tient moins à la concentration d'acteurs qu'à la méthode employée pour les faire travailler ensemble : créer un espace neutre, capable de recomposer les alliances en fonction des problèmes de santé à résoudre. L'ambition dépasse ainsi la seule innovation technologique : il s'agit de construire progressivement un système de santé apprenant, organisé autour des besoins des populations plutôt que des frontières institutionnelles.

Qu'est-ce que le Quartier de l'innovation en santé cherche à changer dans la manière d'innover en santé ?

Le Quartier de l'innovation en santé est naturellement né, en 2019, au sein du CHUM, mais il était nécessaire qu'il puisse voler de ses propres ailes. Tant qu'il demeurait identifié à un seul établissement, même majeur et reconnu par tous, les autres acteurs pouvaient légitimement se demander s'ils entraient dans un projet collectif ou dans le projet d'une institution particulière. Son autonomisation en 2023 répond donc à une nécessité profonde : créer un espace suffisamment neutre pour que chacun puisse s'y engager sans avoir le sentiment de travailler sous la bannière d'un autre. Le QIS doit pouvoir être reconnu par les hôpitaux, les universités, les centres de recherche, les entreprises, les pouvoirs publics, les patients et les citoyens comme un authentique « tiers de confiance ». Il ne se substitue à aucun d'eux, ne porte pas leurs intérêts à leur place et n'a pas vocation à devenir une couche institutionnelle supplémentaire. Sa fonction consiste à rendre possibles des coopérations qui, spon-

tanément, resteraient souvent fragmentées.

Cette évolution institutionnelle a également accompagné dès 2023 un changement de perspective plus large. Nous avons voulu passer d'une réflexion centrée sur la maladie à une réflexion centrée sur la santé. Nos systèmes sont historiquement très performants pour organiser le diagnostic et le traitement d'une pathologie. Mais la question devient : comment maintenir la santé, prévenir plusieurs maladies simultanément et intervenir dans cette période intermédiaire où l'état de santé commence à se dégrader sans qu'une maladie soit encore véritablement constituée ?

Dès que l'on pose la question ainsi, les frontières traditionnelles du système de soins deviennent insuffisantes.

Cela signifie-t-il qu'un écosystème d'innovation ne peut pas être défini une fois pour toutes ?

Exactement ! Un écosystème efficace n'est pas une liste permanente d'institutions réunies autour d'une table. Il doit être capable de se reconfigurer autour d'un problème. Si nous travaillons sur la théranostique en cancérologie, nous allons mobiliser des spécialistes de médecine nucléaire, des chercheurs, des cliniciens, des industriels et des experts technologiques. Si la question porte sur la prévention des troubles de santé mentale en entreprise, nous aurons besoin d'autres compétences : ressources humaines, psychologie, sciences sociales, économie de la santé, employeurs, assureurs. Face à une crise sanitaire, l'écosystème changera encore : infectiologues, spécialistes de données, acteurs préhospitaliers, responsables de l'organisation des soins, experts en intelligence artificielle ou en gestion des ressources.

Je parle volontiers d'un écosystème « polymorphe ». Sa force ne repose pas sur la présence permanente de tous les acteurs, mais sur la possibilité d'assembler rapidement les compétences pertinentes pour traiter une question donnée.

« IL NE S'AGIT PAS DE CRÉER UNE GRANDE STRUCTURE CENSÉE TOUT ENGLOBER. IL S'AGIT DE DISPOSER D'UNE ARCHITECTURE RELATIONNELLE SUFFISAMMENT SOLIDE POUR CRÉER, À CHAQUE FOIS, LA BONNE COALITION. »

C'est une différence importante avec certaines visions institutionnelles de la stratégie de site. Il ne s'agit pas de créer une grande structure censée tout englober. Il s'agit de disposer d'une architecture relationnelle suffisamment solide pour créer, à chaque fois, la bonne coalition.

Qu'est-ce qui permet alors de mobiliser rapidement des acteurs qui ne travaillent pas nécessairement ensemble au quotidien ?

La confiance. Un écosystème ne se décrète pas par organigramme. Il se construit dans la durée, à travers des relations suffisamment solides pour que l'on puisse solliciter un acteur plusieurs années après une première collaboration et qu'il réponde immédiatement présent.

Cette confiance constitue une sorte de capital invisible. Elle réduit considérablement les coûts de transaction : on ne repart pas de zéro à chaque projet, on n'a pas à reconstruire en permanence les règles de coopération, les circuits de décision ou la légitimité de chacun.

Le rôle d'un dispositif comme le QIS est précisément d'entretenir ce capital relationnel. Selon les sujets, cela peut prendre la forme d'une simple mise en relation ou conduire à la constitution de communautés de pratique et de communautés d'innovation plus pérennes.

L'enjeu est de passer d'une logique où chacun possède une partie du problème à une logique où plusieurs acteurs construisent ensemble une capacité de réponse.

Quelle différence faites-vous entre une plateforme d'innovation classique et ce rôle de tiers de confiance ?

Une plateforme peut fournir des services, des équipements ou de l'expertise. Un tiers de confiance joue un rôle différent : il crée les conditions pour que des organisations qui ont leurs propres intérêts, leurs propres contraintes et parfois leurs propres rivalités puissent coopérer.

La neutralité est donc décisive. Le QIS n'a pas vocation à posséder les projets ni à capter la valeur créée par les partenaires. Une entreprise peut évidemment tirer un béné-

fice économique d'une innovation issue d'une collaboration. De même, un hôpital peut améliorer son organisation. Une université peut également produire de nouvelles connaissances. Mais le QIS lui-même n'a pas à devenir le propriétaire de ces réussites.

Cette absence d'appropriation modifie profondément les relations. Elle permet de réduire les interrogations classiques : qui dirige ? qui possède ? qui gagne ? qui apparaîtra en premier ? Ces questions sont souvent légitimes dans les institutions, mais elles peuvent devenir paralysantes lorsqu'il s'agit d'innover collectivement.

Le tiers de confiance ne supprime pas les intérêts particuliers ; il crée un espace où ils peuvent momentanément être dépassés au profit d'un objectif commun.

Quel est précisément cet objectif commun ?

La question la plus simple reste souvent la plus puissante : qu'est-ce qui est le mieux pour les patients ?

Au cours de ma carrière, j'ai constaté que, même lorsque les institutions étaient en compétition ou traversaient des crises sévères, revenir à cette question permettait généralement de retrouver une communauté de pensée.

Aujourd'hui, il faut probablement élargir encore la perspective : qu'est-ce qui est le mieux pour la population ? Qu'est-ce qui permet réellement de produire davantage de santé ?

Ce déplacement est fondamental. Si l'objectif devient celui d'un établissement, d'une discipline ou d'une entreprise, les divergences apparaissent très vite. Si l'objectif est défini en fonction de la valeur produite pour les patients et pour la population, les acteurs peuvent conserver leurs intérêts propres tout en partageant une finalité supérieure.

C'est ce qui permet de passer d'une juxtaposition d'excellences à une véritable stratégie de site.

Vous parlez d'un « système de santé apprenant ». Que recouvre précisément cette notion ?

Un système apprenant est un système qui ne se contente pas de produire des soins selon des mo-



▲ Montréal vue depuis le parc Jean-Drapeau. © AdobeStock.

« LE TIERS DE CONFIANCE NE SUPPRIME PAS LES INTÉRÊTS PARTICULIERS ; IL CRÉE UN ESPACE OÙ ILS PEUVENT MOMENTANÉMENT ÊTRE DÉPASSÉS AU PROFIT D'UN OBJECTIF COMMUN. »

▼ À Montréal, le Quartier de l'innovation en santé (QIS) trouve son ancrage urbain dans le secteur de la Place Gare Viger, proche du CHUM. © DR.



« LA QUESTION LA PLUS SIMPLE RESTE SOUVENT LA PLUS PUISSANTE : QU'EST-CE QUI EST LE MIEUX POUR LES PATIENTS ? »

▼ La Biosphère de Montréal et ses reflets. © Maurizio de Mattei.



dèles établis, mais qui est capable d'observer continuellement ses propres résultats, d'intégrer de nouvelles connaissances et de modifier ses pratiques.

Cela implique une circulation permanente entre recherche, données, pratiques cliniques, expérience des patients et décisions organisationnelles.

Dans un tel système, le patient n'est pas seulement destinataire du progrès médical. L'expérience du soin devient elle-même une source d'apprentissage. Les données produites par les organisations alimentent la recherche ; la recherche nourrit l'innovation ; l'innovation est évaluée en situation réelle ; les résultats obtenus conduisent à modifier les pratiques. C'est un cycle permanent.

J'insiste aussi sur la différence entre un système de maladie et un système de santé. Le premier intervient essentiellement lorsque la pathologie apparaît. Le second cherche à comprendre tout ce qui permet de maintenir un individu ou une population en bonne santé : prévention, environnement, conditions sociales, comportements, éducation, organisation des services et technologies.

Les projets que nous développons aujourd'hui, notamment autour de la santé des femmes, participent de cette logique. Ce ne sont pas des objets isolés : ce sont des briques d'un système qui apprend progressivement à mieux répondre aux besoins de la population.

Pourquoi une telle approche devient-elle particulièrement nécessaire aujourd'hui ?

Parce que nous sommes confrontés à un paradoxe. La médecine et la recherche n'ont jamais produit autant de connaissances, mais notre capacité individuelle à les intégrer n'a jamais été aussi limitée.

Au cours des vingt ou vingt-cinq dernières années, nous sommes considérablement spécialisés, puis surspécialisés. Cette spécialisation a permis des avancées scientifiques extraordinaires, mais elle a également fragmenté notre compréhension des problèmes. Nous avons créé des silos, puis des niches à l'intérieur des silos.

Dans le même temps, la production scientifique est devenue immense.

Même dans une spécialité donnée, personne ne peut aujourd'hui absorber et évaluer seul l'ensemble de la littérature pertinente. Nous disposons donc de connaissances toujours plus fines, mais nous rencontrons des difficultés croissantes pour les intégrer dans une vision globale du patient.

Le besoin d'écosystèmes interdisciplinaires n'est donc pas un effet de mode. C'est une réponse à la complexité même du savoir contemporain.

Le terme de « quartier » pourrait laisser penser que cette coopération dépend d'abord de la proximité géographique... Ce serait une erreur. Le quartier est avant tout une métaphore de la communauté.

Il évoque l'agora : un espace où l'on se connaît, où l'on se rencontre et où l'on peut mobiliser rapidement les autres. La proximité physique peut évidemment faciliter certaines interactions, mais elle n'est pas constitutive du modèle.

Le QIS peut être largement virtuel. Ce qui compte est l'existence de relations suffisamment denses pour que la coopération soit naturelle lorsque surgit une nouvelle question.

L'exposome l'illustre bien. Dès lors que l'on s'intéresse aux effets du climat, de l'environnement, des conditions socio-économiques ou des comportements sur la santé, les interlocuteurs habituels du monde hospitalier ne suffisent plus. Il faut faire entrer dans l'écosystème de nouvelles disciplines et de nouveaux acteurs.

C'est pourquoi il faut, à chaque fois, réinventer l'écosystème autour de la question posée.

Un tel modèle serait-il aisément transposable à un site hospitalo-universitaire comme Strasbourg ?

Oui. Et probablement avec d'autant plus de facilités que Strasbourg dispose déjà d'une densité scientifique, médicale et technologique remarquable.

La difficulté n'est pas de créer une institution supplémentaire. Elle consiste à organiser un espace commun dans lequel le CHU, l'Université, les organismes de recherche, les entreprises, les collectivités et les autres acteurs



puissent se reconnaître sans considérer qu'ils entrent dans le territoire d'un autre.

Il faut donc une volonté partagée, une forte confiance et un dispositif qui ne repose ni sur un leadership autoritaire ni sur une multiplication des leaderships où chacun chercherait à préserver sa propre souveraineté. Une stratégie de site véritable commence probablement à l'instant où les institutions acceptent que certains projets ne soient plus définis en fonction de leurs frontières respectives, mais de la nature du problème qu'elles ont collectivement à résoudre.

Strasbourg possède les compétences. Le véritable défi consiste à transformer cette concentration de compétences en capacité collective d'action.

Qu'est-ce qui peut encore, à vos yeux, empêcher cette capacité collective d'émerger ?

Deux choses principalement : le pouvoir et l'argent. Non parce qu'ils seraient illégitimes, mais parce qu'ils peuvent devenir des fins en soi.

Le développement économique est nécessaire. L'innovation en santé doit produire de la valeur, créer des entreprises et permettre à des partenaires industriels de croître. Mais si la question du partage de cette valeur intervient avant celle du problème de santé que l'on veut résoudre, la coopération devient extrêmement difficile.

Il en va de même du pouvoir. Chaque institution dispose d'une gouvernance et de responsabilités qu'elle doit évidemment préserver. Mais un écosystème d'innovation ne peut fonctionner si chacun considère que sa participation suppose d'en prendre le contrôle.

C'est pourquoi il faut probablement établir, dès l'origine, une forme de pacte de confiance : des principes partagés concernant l'éthique, la gouvernance, la circulation des connaissances, les responsabilités et la création de valeur.

À partir du moment où ces règles sont suffisamment claires, le potentiel collectif devient considérable. •

▲ Montréal vu du 13^e étage du CHUM.
© Creative Commons.

« STRASBOURG POSSÈDE LES COMPÉTENCES. LE VÉRITABLE DÉFI CONSISTE À TRANSFORMER CETTE CONCENTRATION DE COMPÉTENCES EN CAPACITÉ COLLECTIVE D'ACTION. »

Pr Emmanuel Andrès président de la CME des HUS

« Soigner, chercher, innover »



Emmanuel Andrès est professeur de médecine interne aux Hôpitaux universitaires de Strasbourg (HUS), spécialiste des cytopénies et des maladies systémiques. Il est président de la Commission médicale d'établissement des HUS.

La recherche et l'innovation ne sont pas une activité à côté du soin : elles sont au cœur de notre identité de centre hospitalier universitaire. Elles constituent l'une des conditions essentielles pour faire progresser la médecine, améliorer la qualité des prises en charge et préparer l'hôpital de demain. C'est dans cet esprit que les Hôpitaux Universitaires de Strasbourg et l'Université de Strasbourg organisent aujourd'hui leurs 3^{es} Journées Innovation et Recherche. Ce rendez-vous est devenu un temps fort de notre communauté hospitalo-universitaire et hospitalière. Il permet de présenter les travaux conduits dans nos équipes, de mettre en lumière les jeunes chercheurs et les professionnels engagés dans des projets innovants, mais aussi de favoriser les rencontres et les collaborations qui feront émerger les projets de demain.

Notre recherche hospitalo-universitaire est riche par sa diversité. Elle associe recherche fondamentale, recherche translationnelle, recherche clinique et innovation organisationnelle et numérique. Elle s'appuie sur des collaborations étroites entre médecins, pharmaciens, chercheurs, personnels paramédicaux, ingénieurs, biologistes, personnels administratifs et étudiants. Cette interdisciplinarité constitue une force majeure de notre institution.

L'innovation au service du patient

L'innovation transforme aujourd'hui profondément nos pratiques. L'intelligence artificielle, les données de santé, la médecine de précision, les thérapies cellulaires et géniques, la théranostique, les nouvelles technologies d'imagerie et les dispositifs médicaux intelligents ouvrent des perspectives considérables. Mais l'innovation hospitalière ne se résume pas à l'introduction de nouvelles technologies. Elle concerne également nos organisations, nos parcours de soins, nos relations avec les patients et nos collaborations avec la médecine de ville et l'ensemble

de notre territoire. Notre responsabilité est donc double : encourager l'innovation et garantir qu'elle reste au service du patient. Une innovation n'a de véritable valeur que si elle répond à un besoin médical ou organisationnel clairement identifié, si son bénéfice est évalué scientifiquement et si elle peut, à terme, être intégrée dans une pratique sûre, pertinente et soutenable.

Cette ambition nécessite de donner à nos chercheurs les moyens de leurs projets. Elle suppose des infrastructures performantes, des plateformes technologiques adaptées, un accès facilité aux données et aux biobanques, des structures d'accompagnement méthodologique et réglementaire, ainsi qu'une politique volontariste de soutien aux jeunes chercheurs. Elle nécessite également de renforcer les liens entre les HUS, l'Université de Strasbourg, les organismes de recherche, les partenaires industriels et l'écosystème d'innovation de notre territoire.

Les HUS disposent pour cela d'atouts considérables. Notre appartenance à l'Université de Strasbourg et notre environnement scientifique, associant notamment les grands organismes nationaux de recherche et de nombreux laboratoires d'excellence, nous offrent un cadre exceptionnel pour développer une recherche de haut niveau. Notre activité clinique constitue parallèlement une source majeure de questions de recherche et d'innovations susceptibles de bénéficier directement aux patients.

Transformer la recherche en progrès concret

Mais une politique de recherche ne se mesure pas uniquement au nombre de publications ou de projets financés. Elle se mesure aussi à notre capacité à transformer une découverte en bénéfice pour le patient, à former les générations futures, à attirer et retenir les talents, et à faire évoluer nos pratiques. Elle doit également intégrer les enjeux contemporains de responsabilité : protection des

« LA RECHERCHE ET L'INNOVATION NE SONT PAS UNE ACTIVITÉ À CÔTÉ DU SOIN : ELLES SONT AU CŒUR DE NOTRE IDENTITÉ DE CENTRE HOSPITALIER UNIVERSITAIRE. »



données, éthique de l'intelligence artificielle, équité d'accès à l'innovation, impact environnemental et soutenabilité des nouvelles technologies.

Des rencontres utiles à la communauté de recherche en santé

Ces Journées sont donc bien davantage qu'un programme de présentations scientifiques. Elles sont un moment où notre communauté se rassemble autour d'une même conviction : l'hôpital universitaire doit être simultanément un lieu de soins, un lieu d'enseignement, un lieu de recherche et un lieu d'innovation.

Je souhaite remercier très chaleureusement l'ensemble des équipes qui ont contribué à l'organisation de cette troisième édition, ainsi que tous les chercheurs, cliniciens, étudiants, personnels paramédicaux et partenaires qui présentent leurs travaux. Je veux tout particu-

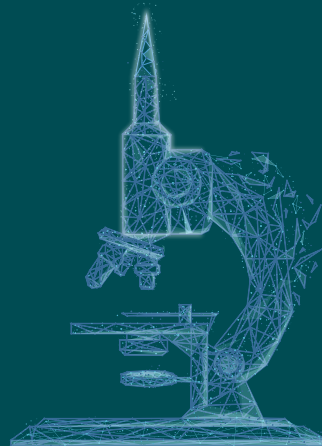
lièrement saluer l'engagement de nos jeunes professionnels, dont la curiosité scientifique, la créativité et l'énergie constituent l'une des meilleures garanties de l'avenir de notre institution.

En tant que Président de la Commission Médicale d'Établissement, je suis convaincu que l'excellence médicale de demain se construit aujourd'hui à l'interface entre le soin, la recherche, l'enseignement et l'innovation. Les Hôpitaux Universitaires de Strasbourg et l'Université de Strasbourg, avec les partenaires et acteurs autres locaux et nationaux de la recherche en santé, ont vocation à poursuivre cette dynamique, au bénéfice de nos patients, de nos professionnels et de notre territoire.

Je souhaite à toutes et à tous d'excellentes 3^{es} Journées Innovation et Recherche, riches en échanges, en découvertes et, surtout, en nouvelles collaborations. •

▲ Centre hospitalier de Hautepierre, Strasbourg. © Aurelien Kempf-Piksl.

**« L'EXCELLENCE
MÉDICALE DE DEMAIN
SE CONSTRUIT
AUJOURD'HUI À
L'INTERFACE ENTRE LE
SOIN, LA RECHERCHE,
L'ENSEIGNEMENT ET
L'INNOVATION. »**



3^{es} Rencontres
de la **Recherche**
en Santé de Strasbourg

Pour partager
Pour nous mobiliser
Pour dessiner l'avenir