

n° 25

Automne 2024

# *L'Édition*



université  
PARIS-SACLAY

**4** **Formation**  
Campus des métiers  
et des qualifications

**7** **Médiation des sciences**  
Nos belles histoires n°2

**10** **Recherche**  
Sepsis et IHU  
Prometheus

**13** **Recherche**  
L'émergence  
de l'IA générative

**16** **Business  
& innovation**  
Exploration et surveillance  
depuis le ciel

**18** **Recherche**  
Donner un sens  
à l'odorat

**21** **Recherche**  
Quand les sciences  
deviennent participatives

**25** **Vue d'ailleurs**  
Transatlantic  
cultures

**27** **Vie de campus**  
Les bibliothèques  
à l'Université Paris-Saclay

# Prix et distinctions

## à l'Université Paris-Saclay

L'Université Paris-Saclay se maintient dans le top 20 des meilleures universités au monde dans le classement de Shanghai. Pour l'édition 2024, elle se hisse à la 12<sup>e</sup> place mondiale et à la 1<sup>re</sup> place en Europe continentale, confirmant ainsi sa position d'université de recherche intensive de rang mondial.

## Chercheurs et chercheuses



© Patrick Couvreur

### Patrick Couvreur

Professeur émérite en pharmacotechnie et biopharmacie à l'Institut Galien Paris-Saclay (IGPS - Univ. Paris-Saclay/CNRS), est lauréat de l'*Acta Biomaterialia Gold Medal*. Il a été récompensé pour ses contributions innovantes en nanomédecine qui ont permis des avancées significatives dans le traitement des maladies graves comme le cancer.

Lors du congrès annuel de l'*American Society for Clinical Oncology (ASCO)*, cinq chercheuses et chercheurs ont été récompensés par différents prix de l'ASCO et de sa fondation, *Conquer Cancer* :

### Federica Gattazzo

doctorante au laboratoire Immunologie antitumorale et immunothérapie des cancers (ITIC - Univ. Paris-Saclay/Inserm/Gustave Roussy), est lauréate du **prix du mérite**, pour son étude innovante sur l'impact des lymphocytes T du microbiote sur la réponse à l'immunothérapie.

### Martina Pagliuca

médecin oncologue et chercheuse au sein du laboratoire Prédicteurs moléculaires et nouvelles cibles en oncologie (PMNCO - Univ. Paris-Saclay/Inserm/Gustave Roussy), est lauréate du **prix du mérite**, pour son étude approfondie sur le poids des symptômes comportementaux après un cancer du sein.

### Pietro Lapidari

médecin oncologue et chercheur au sein du laboratoire Prédicteurs moléculaires et nouvelles cibles en oncologie (PMNCO - Université Paris-Saclay/Inserm/Gustave Roussy), a reçu le **prix du mérite** pour son étude sur les douleurs musculo-squelettiques liées aux inhibiteurs d'aromatase dans les cancers du sein précoces.



© Gustave Roussy

### Ines Vaz Luis

médecin oncologue et chercheuse au sein du laboratoire Prédicteurs moléculaires et nouvelles cibles en oncologie (PMNCO - Univ. Paris-Saclay/Inserm/Gustave Roussy), qui dirige également le programme médico-scientifique Interval sur l'après-cancer, est lauréate du **prix international du mentorat Women who conquer cancer**, une récompense qui vise à mettre en lumière des médecins-chercheuses dont le travail contribue à réduire les disparités de genre au sein des professionnels de l'oncologie.



© Gustave Roussy

### Fabrice André

oncologue et directeur de la recherche de Gustave Roussy, et professeur de médecine à l'université Paris-Saclay, est lauréat du **prix Giants of Cancer Care** dans la catégorie *Translational Science* pour sa contribution dans la lutte contre le cancer et le développement de la recherche oncologique.



© André Torre

### André Torre

directeur de recherche au sein du laboratoire Sciences pour l'action et le développement : activités, produits, territoires (SADAPT - Univ. Paris-Saclay/AgroParisTech/INRAE), s'est vu décerner le **prix international du développement local et territorial dans la catégorie « prix du chercheur »** pour ses recherches sur les mécanismes de coopération et de conflits entre acteurs, ainsi que sur la gouvernance des processus de développement dans les zones rurales et urbaines.

## Étudiantes et étudiants

Plusieurs étudiantes et étudiants ou alumni de l'Université Paris-Saclay, engagés dans une carrière sportive professionnelle, ont décroché des médailles lors des **Jeux olympiques et paralympiques de Paris 2024** :

### Maxime Grousset & Yohann Ndoye-Brouard

étudiants en 2<sup>e</sup> année à l'ENKRE et médaillés de bronze au relais 4x100 m 4 nages (natation) ;

### Enzo Lefort

diplômé de l'ENKRE et médaillé de bronze par équipe au fleuret (escrime) ;

### Auriane Mallo-Breton

diplômée de l'ENKRE et double médaillée d'argent en individuel et par équipe à l'épée (escrime).

Une doctorante et une post-doctorante de l'Université Paris-Saclay ont été récompensées du **prix Jeunes Talents 2024 de la Fondation L'Oréal-UNESCO** :

### Léa Dubois

docteure de l'Institut d'Optique Graduate School qui a effectué sa thèse au Laboratoire Charles Fabry (LCF - Univ. Paris-Saclay/ Institut d'Optique Graduate School/CNRS) ;

### Marion Zannese

doctorante à l'Institut d'astrophysique spatiale (IAS - Univ. Paris-Saclay/CNRS).

## Entreprises et projets

Cinq start-up fondées par des alumni de l'Université Paris-Saclay ont été récompensées par les concours d'innovation **i-Nov**, **i-Lab** et **i-PhD** organisés par le Gouvernement à travers France 2030 :

### Duplo - Ircam amplify

co-fondée et présidée par Nathalie Birocheau, alumnus de CentraleSupélec, est lauréate du **prix i-Nov**. Cette start-up propose d'accéder à une gamme complète de technologies audio de pointe au travers d'un magasin en ligne nommé Duplo.

### Compliance Robotics

fondée par Christian Duriez, alumnus de l'Université Evry Paris-Saclay, est lauréate du **Grand prix i-Lab**. L'entreprise projette de déployer une nouvelle génération de robots pour les industriels dont un robot collaboratif creux, le *hollow ots*, capable de faire des tâches de transfert d'objets sans compromis entre la cadence et la sécurité des opérateurs.

### Orakl Oncology

fondée par Fanny Jaulin, chercheuse et responsable de l'équipe Invasion collective du laboratoire Dynamique des cellules tumorales (DCT - Univ. Paris-Saclay/Gustave Roussy/Inserm), est lauréate du **Grand prix i-Lab**. Cette plateforme a pour objectif d'accélérer la découverte et assurer le succès en clinique de nouveaux médicaments en oncologie grâce à une collection unique d'avatars de tumeurs de patients.

### Raidium

co-fondée par Pierre Manceron, alumnus de CentraleSupélec et de l'ENS Paris-Saclay, est lauréate du **Grand prix i-Lab**. Cette start-up spécialisée dans l'imagerie projette de développer une intelligence artificielle capable d'assister les radiologues dans la détection de maladies, mais également dans les cas de cancers.

### NYXIR

fondée par Adrien Khalili Lazarjani, alumnus de l'ENS Paris-Saclay, a obtenu un **Grand prix i-PhD**. Ce projet développe une caméra infrarouge reposant sur des nanocristaux afin d'améliorer les performances de détection infrarouge pour des applications telles que le tri des plastiques dans les industries de recyclage.



### Zoe Care

fondée par Piotr Antonik, enseignant-chercheur en intelligence artificielle à CentraleSupélec, et Thomas Saphir, est l'une des lauréates du **prix Silver Valley 2024**, grâce à sa technologie novatrice utilisant le Wi-Fi pour détecter les mouvements et les chutes sans caméra ni appareil portatif.

# La force collective qui s'est manifestée prouve à quel point notre université s'appuie sur un socle solide de membres et personnels.



© Corinne Hameau

## L'éditorial

La rentrée est toujours un moment emblématique dans la vie d'une université. Elle est à la fois synonyme de retrouvailles, de rencontres, de premières découvertes et de nouveaux défis à relever.

Cette rentrée universitaire 2024-2025 a été, à bien des égards, encore plus particulière que d'habitude : outre le fait qu'il s'agissait pour moi de ma première rentrée en tant que président de l'Université Paris-Saclay, elle s'est déroulée dans un contexte récent de cyberattaque massive opérée le 11 août contre l'université et qui a fortement impacté nos systèmes d'information. Depuis lors, les équipes de la direction des systèmes d'information, accompagnées notamment par l'Agence nationale de la sécurité des systèmes d'information (ANSSI), travaillent au rétablissement progressif de nos services numériques. Et bien que la situation ne soit pas encore totalement revenue à la normale, la force collective qui s'est manifestée à la suite de cette attaque prouve à quel point notre université s'appuie sur un socle solide de membres et personnels. J'en profite pour saluer à nouveau l'ensemble de nos communautés pour leur résilience et leur implication face à cette situation inédite. Grâce à elles, la rentrée a pu être assurée sur les différents campus de l'université.

L'été nous aura donc apporté son lot d'émotions, mais cette pause estivale aura aussi été marquée par de bonnes nouvelles. Sportives d'abord, avec les Jeux olympiques et paralympiques de Paris 2024, durant lesquels nous avons pu admirer les talents et les performances de plusieurs de nos étudiantes, étudiants et alumni engagés dans des carrières sportives et qui ont, pour certaines et certains, décroché des médailles.

L'Université Paris-Saclay a aussi eu droit à son moment de fierté lors de l'annonce du classement de Shanghai (ARWU) 2024, puisqu'elle s'y est hissée à la douzième place mondiale et à la première en Europe continentale. Cinq ans après son entrée dans le top 20 de ce classement académique des universités mondiales, notre université conforte ainsi sa stature internationale et son positionnement en tant qu'université de recherche intensive, tout en portant au plus haut niveau ses missions de formation et d'innovation face aux défis sociétaux et environnementaux d'aujourd'hui et de demain.

Pour ce premier numéro de la nouvelle année universitaire, notre journal *L'Édition* vous emmène d'ailleurs à la découverte des Campus des métiers et des qualifications (CMQ), un label tourné vers les métiers d'avenir dans lequel l'Université Paris-Saclay et son écosystème sont particulièrement investis, comme en témoignent le CMQ Industrie du futur, labellisé pour la seconde fois en juin dernier, et le CMQ Énergie durable qui sera officiellement lancé en novembre.

Côté recherche, ce numéro vous propose une plongée dans le monde fascinant de l'IA générative. Alors que des systèmes tels que ChatGPT investissent de plus en plus notre quotidien, personnel comme professionnel, savez-vous réellement comment ils fonctionnent ? Et quelles problématiques ils soulèvent ? Le sepsis est un autre sujet crucial abordé dans ces pages. Touchant quelque 50 millions de personnes à l'échelle mondiale, cette affection est aussi l'une des causes de décès les plus fréquentes. C'est pour en réduire l'issue dramatique que l'Université Paris-Saclay, aux côtés de partenaires institutionnels, académiques, associatifs et industriels, a donné naissance à l'Institut hospitalo-universitaire (IHU) Prometheus, le premier centre mondial de recherche, de formation et de soins autour du sepsis, lancé en septembre dernier.

Enfin, parce que les recherches ne doivent pas rester confinées aux laboratoires, notre université met un point d'honneur à encourager le partage des savoirs scientifiques auprès des citoyens et des citoyennes et leur implication dans des projets de recherche. Vous en aurez un remarquable aperçu à travers les projets de sciences participatives portés par des chercheurs et chercheuses de l'université.

Vous souhaitant une bonne lecture de *L'Édition*, je vous donne rendez-vous en février 2025 pour un nouveau numéro du journal.

**Camille Galap,**  
Président de l'Université Paris-Saclay.

# Campus des métiers et des qualifications

Une synergie d'acteurs au service des métiers d'avenir



Le Centre Innovation 4.0 d'Évry © CMQE Industrie du futur Île-de-France

**Le Campus des métiers et des qualifications (CMQ) est un label créé en 2014 afin de répondre aux besoins des entreprises en termes de métiers et de compétences dans une filière et un secteur d'activité associés à un enjeu économique important. Aujourd'hui, on dénombre en Île-de-France une dizaine de ces campus, dont le CMQE Industrie du futur Île-de-France et le CMQE Énergie durable, portés respectivement par l'Université Évry Paris-Saclay et l'Université Paris-Saclay.**

Ce vendredi matin de juin, c'est l'effervescence au Centre Innovation 4.0 d'Évry. Sous l'œil d'un technicien, un bras robotisé s'active sur le squelette d'un scooter qui entame son assemblage. Bientôt, on lui ajoutera des roues, des phares, un siège, une carrosserie... Les éléments indispensables pour se déplacer. Sauf que ce scooter ne prendra jamais la route. Il sera prochainement désassemblé avant d'être monté une nouvelle fois. Aucune erreur à signaler, il ne s'agit simplement pas d'une chaîne industrielle comme les autres.

Contrairement aux apparences, l'objectif du Centre Innovation 4.0 d'Évry n'est pas de produire des scooters mais de permettre à de futures techniciennes et techniciens d'expérimenter la réalité d'une chaîne de montage ainsi que les nouvelles technologies qui vont avec elle. Inaugurée en juin 2022, cette plateforme est le lieu « totem » du Campus des métiers et des qualifications d'excellence (CMQE) Industrie du futur Île-de-France. « Le bâtiment a spécialement été créé pour accueillir ce lieu autour de l'industrie 4.0 », explique Sophie Gaufreteau, directrice opérationnelle du campus. « C'est un tiers-lieu qui est très important pour nous parce qu'il nous permet de remplir toutes nos missions. »

## Accompagner les évolutions de compétences



Depuis la création du label en 2014 par les ministères de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, du Travail et de l'Économie et des Finances, une centaine de Campus des métiers et des qualifications (CMQ) ont vu le jour à travers la France. Chacun d'entre eux se concentre sur une filière et un secteur d'activités spécifiques, ainsi qu'un territoire donné. Le CMQE Industrie du futur Île-de-France n'y fait pas exception. Porté par l'Université Évry Paris-Saclay, il a reçu sa première labellisation en août 2018 sous l'intitulé « Aéronautique et spatial : conception, production, maintenance 4.0 ». Depuis, le CMQ a changé de nom pour élargir son champ d'activités et a reçu une seconde labellisation en juin 2024 avec la mention « excellence ». « Notre campus ciblait au départ les filières de l'aéronautique et du spatial. Mais les travaux que nous avons menés ont confirmé que les évolutions des métiers nécessaires dans ces deux secteurs sont les mêmes que dans les autres secteurs industriels », justifie Sophie Gaufreteau. « Avec la transformation numérique, nous vivons actuellement la quatrième révolution industrielle et cela provoque des évolutions de compétences dans de nombreux domaines. »

« Dans l'industrie, nous avons des piliers fondamentaux – la mécanique, l'électricité, etc. – sur lesquels viennent se greffer de nouvelles couches de compétences à chaque évolution », poursuit la directrice. Accompagner le secteur industriel dans ces évolutions sur le territoire francilien, c'est tout l'enjeu du CMQE Industrie du futur Île-de-France. Il réunit pour cela une synergie d'acteurs de l'enseignement secondaire et supérieur et de la formation continue, des entreprises, des institutionnels ou encore des laboratoires de recherche, et bénéficie du soutien de la région Île-de-France et des académies de Créteil, Paris et Versailles.

Cette synergie d'acteurs et d'actrices est au cœur de l'ADN des campus. C'est aussi ce qui fait leur force, selon Bruno Darracq, directeur opérationnel du CMQE Énergie durable. Porté par l'Université Paris-Saclay et labellisé en juin 2024 pour cinq ans, ce campus hébergé à l'IUT d'Orsay est le dernier né sur le territoire francilien. « Notre CMQE se concentre sur la filière de la transition énergétique », précise le directeur. « Il est structuré en quatre pôles indépendants qui rassemblent toutes les énergies bas-carbone - le nucléaire, les énergies renouvelables (ENR), les systèmes énergétiques comme la géothermie et les pompes à chaleurs - ainsi que les réseaux électriques. » Chacun de ces pôles œuvre en s'appuyant sur un large réseau de partenaires, dont des entreprises comme EDF, Enedis et Schneider Electric, et des institutionnels comme France Travail. « Ce n'est pas si souvent que l'on arrive à rassembler les communautés. C'est vraiment la valeur ajoutée des campus : parvenir à mettre tout le monde autour de la table pour relever les défis des industriels en termes de compétences et de métiers », affirme Bruno Darracq. « Chaque partenaire constitue une brique pour travailler sur chacun de nos axes et chacune de nos cibles », renchérit Jean-Christophe Bardy, directeur opérationnel adjoint du CMQE Énergie durable.

« Dans l'industrie, nous avons des piliers fondamentaux – la mécanique, l'électricité, etc. – sur lesquels viennent se greffer de nouvelles couches de compétences à chaque évolution. » — Sophie Gaufreteau

## La formation et l'attractivité au centre de la stratégie des CMQ

Si chaque CMQ possède sa propre identité, tous partagent des axes de travail communs où le développement de la formation occupe une place centrale. « Le CMQ est un dialogue permanent entre le secteur de la formation et le secteur industriel », confirme Jean-Christophe Bardy. L'objectif est de comprendre les besoins des entreprises sur les métiers en tension, les métiers d'avenir et de faire un état des lieux des formations existantes sur le territoire francilien, à tous les niveaux et dans toutes les voies : avant bac et post-bac, du CAP au doctorat, apprentissage, formation initiale, continue, etc. « Pour un métier donné par exemple, on se pose des questions comme : existe-t-il toutes les formations nécessaires en Île-de-France ? Sont-elles au bon niveau ? Permettent-elles d'acquérir toutes les compétences et les connaissances requises ? » En fonction de cet état des lieux, le campus et ses partenaires travaillent alors soit à compléter ou adapter les formations existantes, soit à créer de nouveaux diplômes.

Sous l'impulsion du pôle ENR du CMQE Énergie durable, certains parcours de bac professionnel, de BTS et de BUT seront dotés à la rentrée 2025 d'un module de cours complémentaire sur les thématiques hydrogène et batterie. Deux diplômes inter-universitaires (DIU) sur ces mêmes thématiques sont également en cours de création. Autre exemple avec le pôle nucléaire et son lieu totem, le lycée André-Malraux situé à Montereau-Fault-Yonne (Seine-et-Marne) : une classe « passerelle », mise sur pied en janvier 2023, a pour objectif de faire découvrir les métiers de la maintenance et de la robinetterie nucléaire à des jeunes en situation de réorientation ou en reprise d'études, avec à la clé, une intégration possible en BTS.

L'attractivité des filières est un autre point crucial de la stratégie des CMQ. « La difficulté avec l'industrie, c'est qu'il s'agit d'un secteur qu'on ne peut pas découvrir



© CMQE Énergie durable.

« C'est vraiment la valeur ajoutée des campus : parvenir à mettre tout le monde autour de la table pour relever les défis des industriels en termes de compétences et de métiers. » — Bruno Darracq

par hasard. Si les gens n'y ont pas un proche ou une connaissance, ils sont incapables d'en citer un métier. Or, on ne peut pas aimer ce qu'on ne connaît pas », affirme Sophie Gaufreteau. C'est ici l'un des rôles du Centre Innovation 4.0 d'Évry. « Sur cette ligne de production, nous avons plus de trente cas d'usage industriels innovants qui sont en démonstration. Il y a des choses très visibles comme les robots qui se déplacent, et d'autres moins visibles que l'on explique à travers des écrans. Ce lieu est conçu pour faire découvrir un autre univers. » Rien qu'en 2023, le centre a accueilli plus de 2 700 visiteurs dont quelque 70 écolières et écoliers, 500 collégiennes et collégiens, 700 lycéennes et lycéens, 400 étudiantes et étudiants, et 250 industriels.

## Favoriser l'innovation et la recherche

Faire découvrir un autre univers, mais pas uniquement cela. « Nous recevons aussi beaucoup d'industriels, des enseignantes et enseignants, des chercheurs et chercheuses, des institutionnels, etc. Nous voyons ce lieu comme un terrain de jeu

en termes de formation mais aussi d'innovation et de recherche », ajoute la directrice opérationnelle. En matière de réalité augmentée, par exemple, un enseignant d'un lycée professionnel a profité du centre pour recréer numériquement un moteur d'avion complet. Grâce à cette initiative, ses élèves voient et démontent aujourd'hui le moteur pièce par pièce durant leurs activités pratiques, sans disposer d'un modèle réel. « Le but de ce centre n'étant pas de produire, on peut assembler, désassembler, faire des erreurs, tester de nouvelles choses. Pour les industriels, cette plateforme est un moyen de favoriser les transferts technologiques et d'accélérer les processus de recherche. » Preuve de son succès : deux ans après son inauguration, le Centre innovation d'Évry va bientôt s'agrandir, avec 350 m<sup>2</sup> supplémentaires, pour offrir une seconde ligne de démonstration et un second espace pédagogique ou learning lab. « Nous espérons être opérationnel au printemps 2025 », précise Sophie Gaufreteau.

Au CMQE Énergie durable aussi, les projets fourmillent pour rendre les filières plus attractives, accessibles et inclusives. À Orsay, la Maison d'initiation et de sensibilisation aux sciences (MISS), devenue l'un des lieux totem du CMQE, propose aux élèves du primaire et du collège des ateliers autour des thèmes de l'énergie. « Nous travaillons également avec l'association YOOKAN qui pilote un espace consacré à la découverte des métiers et à l'immersion professionnelle dans un centre commercial de Rosny-sous-Bois », complète Bruno Darracq. Parmi les autres projets, une plateforme technique et pédagogique va être modernisée au Centre de ressources du génie électrique (Cerge) à Vitry-sur-Seine et trois plateformes sont en cours de création sur les pôles nucléaire et ENR. À travers ses actions, le CMQE Énergie durable espère, d'ici 2028, toucher plus de 45 000 apprenantes et apprenants, et quelque 3 500 personnes en formation continue ou en reconversion.

<https://cmq.univ-evry.fr/>

<https://ecole-universitaire-paris-saclay.fr/le-campus-des-metiers-et-des-qualifications>



© CMQE Industrie du futur Île-de-France

# New Space

Une académie pour répondre aux nouveaux défis du spatial

**Le label Campus des métiers et des qualifications n'est pas la seule initiative destinée aux métiers d'avenir. C'est aussi le cas d'autres projets portés par l'Université Paris-Saclay, tels que l'Académie spatiale d'Île-de-France qui a organisé en juin 2024 sa première école d'été.**

« New Space », en français « nouvel espace », c'est ainsi que se nomme la profonde transformation que traverse l'industrie du spatial depuis le tournant des années 2000. « *Auparavant, le spatial était un secteur majoritairement piloté par des organisations publiques* », décrypte Philippe Keckhut, géophysicien à l'Université de Versailles - Saint-Quentin-en-Yvelines et responsable scientifique de l'Académie spatiale d'Île-de-France. « *C'est aujourd'hui devenu un secteur qui se privatise très rapidement et se fragmente de plus en plus avec l'émergence de nombreux nouveaux acteurs.* »

On estime que le marché du spatial pourrait atteindre plus de 35 milliards d'euros par an d'ici 2040, avec d'importantes évolutions technologiques. Les satellites en sont un exemple. Selon des prévisions, quelque 70 000 satellites pourraient être envoyés dans l'espace au cours des prochaines années. C'est sept fois plus que le nombre d'engins lancés depuis le début de l'ère spatiale, il y a une soixantaine d'années. Et ces nouveaux satellites ne sont pas seulement plus nombreux, ils sont aussi plus petits, moins

coûteux et produits bien plus rapidement. Leurs domaines d'application se sont également diversifiés. Autant d'évolutions qui entraînent des besoins grandissants dans le secteur.

## Rendre la formation clairement identifiable et accessible

↓ C'est de ce constat qu'est née l'Académie spatiale d'Île-de-France (IDF). Porté par l'Université Paris-Saclay et soutenu par un consortium d'universités et d'entreprises dont l'Office nationale d'études et de recherches aérospatiales (ONERA), Thales et SAFRAN, ce projet est l'un des lauréats du dispositif « Compétences et métiers d'avenir » (CMA) du programme France 2030. Financé à hauteur de 21 millions d'euros, il a pour mission de fédérer, améliorer et diffuser l'offre de formation dans le domaine du spatial sur le périmètre francilien. « *Nous voulons rendre la formation clairement identifiable et plus accessible. Nous voulons aussi créer de nouvelles formations pour intégrer les besoins émergents et les nouveaux métiers* », précise Philippe Keckhut. « *Avec la multiplication*

*des satellites, nous voyons par exemple émerger dans le spatial des problématiques de sécurité, de droit, de géopolitique et nous avons besoin de gens formés dans ces domaines.* »

Lancée en janvier 2024, l'Académie spatiale multiplie déjà ses actions. En juin dernier, elle a tenu sa première école d'été, la *Junior Space Academy*, qui a réuni une trentaine d'étudiantes et étudiants de licence. Pendant une semaine, ils ont visité les équipements de laboratoires et entreprises spécialisées dans le spatial, assisté à des conférences et échangé avec des professionnels du secteur. « *Cette première édition est un succès et nous espérons en organiser une deuxième l'an prochain sous un format hybride pour en faire profiter des milliers d'étudiantes et étudiants* », explique le responsable scientifique. À l'horizon 2030, l'Académie spatiale d'IDF espère sensibiliser quelque 800 000 personnes aux métiers en lien avec le spatial et contribuer à en former près de 6 000.

<https://academiespatiale.fr/>

# Réforme du deuxième cycle des études médicales

Les futurs médecins mis à l'épreuve

**L'an passé, les étudiantes et étudiants en 6<sup>e</sup> année de médecine ont expérimenté pour la première fois les changements instaurés par la réforme du deuxième cycle de leurs études, initiée en 2021 pour favoriser l'acquisition des compétences par les futurs médecins.**

Réputées difficiles du fait de la quantité de connaissances à assimiler, les études de médecine sont aujourd'hui en pleine transformation. C'est notamment le cas du deuxième cycle - de la quatrième à la sixième année d'études médicales - objet d'une réforme qui, depuis 2021, bouscule les enseignements, l'acquisition des compétences mais aussi les examens auxquels les futurs médecins sont soumis.

« *L'esprit de cette réforme est de mettre l'accent sur les compétences et de réduire le volume des connaissances à acquérir* », détaille le Pr. Vincent Gajdos, pédiatre à l'Hôpital Antoine Béchère, à Clamart, et enseignant à la Faculté de médecine de l'Université Paris-Saclay au Kremlin-Bicêtre. Jusqu'ici, l'évaluation du 2<sup>e</sup> cycle portait essentiellement sur l'apprentissage des connaissances et se déroulait en fin de 6<sup>e</sup> année via des examens écrits appelés Épreuves classantes nationales (ou ECN). En fonction de leurs résultats aux ECN et de leurs vœux, les futurs médecins étaient répartis entre les différentes spécialités d'internat.

Avec la réforme, les ECN laissent place aux Épreuves dématérialisées nationales (EDN) qui ont lieu en début de 6<sup>e</sup> année, avec un champ de connaissances réduit. Désormais, « *les connaissances sont hiérarchisées* », explique le Pr. Gajdos. « *Celles qui sont considérées comme fondamentales sont soumises à un niveau d'exigence assez haut. En pratique, cela signifie qu'il faut avoir au minimum 14/20 sur les questions relatives à ces connaissances pour passer en troisième cycle d'études médicales.* » En outre, ces épreuves évaluent les étudiantes et étudiants sur des connaissances plus spécifiques censées influencer leur orientation vers une spécialité ou une autre.

## Des mises en situation pour évaluer les compétences

↓ La réforme introduit une autre nouveauté en fin de 6<sup>e</sup> année : des examens pratiques appelés Examens cliniques objectifs structurés (ECOS). Ils prennent la forme de mises en situation durant lesquelles les futurs médecins font face à des personnes jouant le rôle de patient ou patiente, de professionnel ou professionnelle. « *Le but est de confronter les étudiantes et étudiants à des situations couvrant les différents champs de compétences attendus d'un médecin : faire un diagnostic, rédiger une ordonnance, etc.* », décrypte le praticien.

L'an passé, les étudiantes et étudiants en 6<sup>e</sup> année ont été les premiers à expérimenter ces changements. « *C'était très stressant d'être la première promotion à passer par là. Il y avait beaucoup d'incertitudes* », confie Florence de La Bigne, étudiante à la Faculté de médecine de l'Université Paris-Saclay, désormais en 3<sup>e</sup> cycle. Les ECOS en particulier, « *étaient très déstabilisants parce que nous n'avons pas l'habitude d'être confrontés à des examens oraux.* »

Ces épreuves d'un nouveau genre sont « *difficiles à organiser et demandent un grand investissement* », précise le Pr. Gajdos. « *Mais je pense que c'est un outil pédagogique très intéressant et puissant parce qu'il modifie les façons d'enseigner et d'apprendre. Cela contribue à renouveler la formation.* »

Quant à savoir si la réforme remplira son objectif de mieux former les futurs médecins, il est encore trop tôt pour le savoir. « *Nous n'avons pas assez de recul sur les premiers résultats* », reconnaît le pédiatre. « *Je pense qu'il faut attendre de commencer nos stages en tant qu'interne pour voir si l'on est plus à l'aise et plus compétent* », estime de son côté l'étudiante en 3<sup>e</sup> cycle.

# Nos belles histoires n°2

## Des alumni astrobiologistes et explorateurs de mondes (extra)terrestres

Début octobre, une nouvelle conférence d'alumni de l'Université Paris-Saclay, *Nos belles histoires*, a donné la parole à Caroline Freissinet et Cyprien Verseux. Les deux astrobiologistes ont partagé avec le public leurs expériences fascinantes autour de l'exploration de territoires extrêmes, sur Terre, Mars ou ailleurs dans l'espace, à la recherche de traces de vie.



© Christophe Peus.

Ce mardi 8 octobre au soir, en front de scène du théâtre Rousseau de Centrale-Supélec, à Gif-sur-Yvette, deux conférenciers se renvoient la balle, évoquant tour à tour leurs parcours et leurs recherches, devant un parterre d'étudiantes, d'étudiants et de curieux rapidement captivés par leur fascinant récit. Caroline Freissinet et Cyprien Verseux sont astro- ou exobiologistes. Ils s'intéressent aux processus susceptibles de mener à l'émergence de la vie ailleurs que sur Terre et aux éléments possiblement évocateurs de vie extraterrestre, passée ou présente. Les deux orateurs embarquent l'auditoire dans leur exploration de territoires extrêmes, sur Terre, sa proche voisine Mars, ou à plusieurs centaines de millions voire plus d'un milliard de kilomètres de là, sur les lunes glacées de Jupiter et de Saturne. Leur intervention s'inscrit dans le cadre du cycle de conférences d'alumni de l'Université Paris-Saclay, *Nos belles histoires*, lancé en décembre 2023 et qui invite le public à rencontrer des personnalités aux parcours particulièrement inspirants.

### Comment devient-on exobiologiste ?

Caroline et Cyprien s'accordent tous deux pour dire que leur carrière n'a jusqu'à présent suivi aucun plan : c'est au gré des opportunités, qu'ils ont su saisir ou se créer, qu'ils exercent aujourd'hui leur métier. « Il n'y a pas réellement de formation-type pour devenir exobiologiste », confie Cyprien. « Ce sont des chercheurs et des chercheuses qui viennent d'autres disciplines. » Alors qu'enfant, il se voit plus tard « chercheur de vie sur d'autres planètes » et qu'on lui répond que « ce n'est pas un vrai métier », Cyprien entreprend des études de biologie à l'école d'ingénieurs en biotechnologies Sup'Biotech et suit, en parallèle, un master 2 *Systems & Synthetic Biology* à l'Université Evry Paris-Saclay.

Se rendant compte que son inclination originelle existe réellement, il décroche, à force d'opiniâtreté, un stage de fin d'études

à la NASA, en Californie, durant lequel il travaille sur un projet de biologie synthétique appliquée à l'exploration spatiale. Une fois diplômé, il entame un doctorat en biologie moléculaire et cellulaire à l'Université de Rome Tor Vergata, en cotutelle avec la NASA, et le dédie à la recherche de la vie sur Mars ainsi qu'au développement de systèmes de survie biologiques pour l'exploration de cette planète.

### Préparer les futures missions humaines martiennes

C'est au cours de sa thèse que Cyprien va vivre ses expériences les plus singulières. En 2015, il est sélectionné pour faire partie, avec cinq autres scientifiques, de la mission HI-SEAS IV (*Hawaii Space Exploration Analog and Simulation*) de la NASA, soit 366 jours à l'isolement dans un dôme hawaïen afin de simuler les conditions d'une mission spatiale sur Mars.

En 2018, il part un an en Antarctique pour une autre expérience unique en son genre : il est le chef de la base scientifique franco-italienne Concordia, gérée par l'Institut polaire français Paul-Émile Victor et le Programma Nazionale di Ricerca in Antartide, la plus isolée sur Terre et située dans un environnement parmi les plus hostiles. « Les températures peuvent atteindre les -80°C. Et début mai, le soleil se couche pour la dernière fois et on ne le reverra plus pendant trois mois. » Une expérience qu'il vit avec douze autres équipiers et pendant laquelle il soutient sa thèse, à distance.

Revenu de son expérience polaire, Cyprien crée, en 2019, le Laboratoire de microbiologie spatiale appliquée au ZARM (*Center of Applied Space Technology and Microgravity*) à l'université de Brême, en Allemagne, où il est toujours aujourd'hui. Avec son équipe, il s'intéresse aux cyanobactéries, des micro-organismes capables de réaliser la photosynthèse, et consacre ses recherches au développement de systèmes biologiques capables de produire une partie

des consommables nécessaires à une équipe d'astronautes lors d'un séjour de longue durée sur Mars, à partir de ce qu'elle trouvera sur place dans le sol et l'atmosphère.

### Exploration martienne, analogues martiens sur Terre et mondes océans

Le parcours de Caroline est tout aussi inédit. Alors qu'adolescente, elle adore regarder la série *X-Files*, où les agents spéciaux du FBI Mulder et Scully enquêtent sur des phénomènes paranormaux impliquant des extraterrestres, la série éveille son intérêt pour la vie extraterrestre. « C'était aussi la première fois qu'on voyait à la télé une femme scientifique comme héroïne. Ça a eu pour effet d'inciter de nombreuses femmes à se lancer dans des carrières scientifiques, ce qui est mon cas ! »

Caroline entreprend des études de biologie et s'intéresse de plus en plus à l'émergence de la vie sur Terre, dans des conditions extrêmes, et ailleurs dans le système solaire. Diplômée d'un magistère de biochimie et biologie moléculaire de l'ENS Lyon puis d'un master 2 en biologie de l'évolution de l'université Paris-Sud (aujourd'hui Université Paris-Saclay), et après « un break d'un an pour étudier les moutons en Nouvelle-Zélande », elle démarre un doctorat en chimie analytique appliquée au spatial à l'École centrale Paris (aujourd'hui CentraleSupélec). Elle le consacre à l'élaboration de méthodes chimiques analytiques dans le cadre de la mission ExoMars, dont l'objectif est d'étudier l'atmosphère martienne et de rechercher des indices de vie passée ou présente à l'aide d'un rover et de ses instruments.

Sa thèse en poche, Caroline passe six ans en tant que chercheuse en astrochimie et sciences planétaires au centre NASA *Goddard Space Flight Center* de Greenbelt, aux États-Unis. En 2017, elle est recrutée au CNRS et rejoint le Laboratoire atmosphères et observations spatiales (LATMOS - Univ. Paris-Saclay/UVSQ/CNRS/Sorbonne Univ.). Son travail, elle l'effectue « les pieds sur Terre », depuis son laboratoire ou sur le terrain, par le biais d'études de chimie analytique réalisées sur des échantillons issus d'environnements terrestres extrêmes, analogues aux sites extraterrestres. Mais aussi « la tête dans les étoiles », par l'analyse des données récoltées sur place par les sondes spatiales et leurs instruments embarqués. Elle participe également à la construction de certains de ces instruments, comme pour la mission *Dragonfly* qui partira vers Titan, la lune glacée de Saturne, en 2028.

*Nos belles histoires* continueront en 2025 avec de nouveaux binômes tout aussi inspirants. Ne manquez pas la prochaine édition !

Visionner la conférence en ligne :

<https://youtu.be/5KjxrKwScU0?si=5ZM2xWYg2MJRATFd>

# ClimarisQ

## Jouer pour comprendre la complexité du changement climatique

**Seriez-vous capable de mener un pays vers sa transition écologique et ce, sans faire faillite ni perdre votre popularité ? C'est ce que propose le jeu pour smartphone ClimarisQ, imaginé et conçu par un chercheur de l'Université Paris-Saclay. Outil de médiation scientifique utilisé dans les écoles et universités, cette application basée sur des modèles scientifiques réels révèle la complexité des effets du changement climatique et de leur gestion.**

Créer un jeu vidéo pour comprendre la complexité du changement climatique, c'est l'idée lancée par Davide Faranda, chercheur au Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement (LSCE - Univ. Paris-Saclay/CEA/CNRS/IPSL/UVSQ), lors d'un atelier de rencontre entre chercheurs, chercheuses, médiateurs et médiatrices scientifiques organisé par le CNRS. Déjà impliqué dans la création du jeu de plateau Climat Tic-Tac, dans lequel les joueurs et joueuses doivent lutter ensemble contre le changement climatique, Davide Faranda souhaite développer un nouveau jeu sur la même problématique, mais plus rapide à prendre en main et qui ne nécessite rien d'autre qu'un smartphone. Il s'associe au développeur Opal games et avec l'appui financier de La Diagonale Paris-Saclay, la direction arts, culture, sciences et société de l'Université Paris-Saclay, il développe la première version du jeu ClimarisQ. Des prototypes sont présentés au Festival des jeux de Cannes en février 2020 grâce au soutien du CEA, qui investit aussi dans le projet. L'application mobile sort la même année sur toutes les plateformes et atteint aujourd'hui plusieurs dizaines de milliers de téléchargements.

### Un jeu interactif basé sur des modèles scientifiques réels

Alors, en quoi consiste ce jeu ?

Le joueur ou la joueuse incarne le gouvernement d'un pays, dont les décisions sont matérialisées par des cartes à jouer, qu'il lui faut accepter ou rejeter. Au cours d'une partie, le jeu propose par exemple d'accepter ou non l'exploitation d'un nouveau gisement de pétrole ou encore le financement d'un parc naturel. Chaque décision

prise par le gouvernement (le joueur ou la joueuse) influe sur le taux de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) atmosphérique mais aussi sur la cote de popularité du gouvernement et sur l'économie et l'écologie du pays, ce qui est matérialisé par trois jauges. Si l'une des jauges se vide totalement, la partie est perdue. Le but du jeu est donc de maintenir les jauges pleines le plus longtemps possible.

Mais la mission n'est pas si simple. À chaque saison, un ou plusieurs événements climatiques extrêmes sont susceptibles de survenir, faisant automatiquement diminuer les trois jauges. La probabilité que ces événements extrêmes apparaissent durant une partie n'est pas le fruit du hasard, elle provient de calculs réalisés à partir des modèles du *Geophysical Fluid Dynamics Laboratory* (GFDL) de l'Agence américaine d'observation océanique et atmosphérique (NOAA en anglais). Également utilisés par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), ces modèles relient le taux de CO<sub>2</sub> atmosphérique à la probabilité d'apparition d'événements climatiques extrêmes, comme les vagues de chaleur, de froid, les inondations ou les sécheresses. Le jeu met ainsi en lumière, de façon rigoureuse mais ludique, la complexité du changement climatique, de ses effets et de leur gestion.

ClimarisQ sensibilise également à l'importance de l'Accord de Paris sur le climat, le traité international adopté en 2015 pour limiter le réchauffement climatique. Au début de chaque partie, le joueur ou la joueuse fait le choix de se trouver soit dans le monde actuel, soit dans un monde futur

respectant ou non le traité, et ce dans différentes régions du monde. Il devient alors possible de comparer les différents scénarios et les difficultés qui en découlent. « Certaines régions du monde sont très fragiles face au changement climatique, comme l'Amérique du Sud à cause de l'Amazonie qui est très vulnérable aux événements extrêmes. Dans cette région et avec les scénarios 2050-2070 sans respect de l'Accord de Paris, on peut avoir jusqu'à trente inondations par saison, ce qui rend le jeu très difficile », explique Davide Faranda.

### Un outil de médiation scientifique dans les écoles et les universités

Parmi les quelques dizaines de milliers d'utilisateurs et d'utilisatrices du jeu, beaucoup l'ont découvert lors d'événements de médiation scientifique à l'école, à l'université ou lors de forums. « On peut commencer à jouer à ClimarisQ dès l'âge de dix ans. On le présente donc dans les collèges, où les élèves sont toujours très intéressés par les jeux », précise l'enseignant-chercheur.

L'application sert alors d'outil pour animer la discussion autour du changement climatique et des événements climatiques extrêmes qu'il engendre. Au cours de ces interventions, la partie prend par exemple la forme d'un jeu de rôle avec trois ministres (un pour la popularité, un autre pour l'écologie et un dernier pour l'économie) devant se concerter pour prendre les décisions. Le jeu devient vecteur de discussions et de réflexions sur la transition écologique et ses défis.

Le rayonnement de ClimarisQ ne se restreint pas pour autant à la France. Disponible dans six langues, le jeu se déploie dans le monde entier. « On est très contents de sa diffusion internationale. Je sais qu'il est beaucoup utilisé dans les universités et écoles en Italie, aux États-Unis et en Espagne », se félicite son créateur.

L'équipe travaille aujourd'hui sur une mise à jour de ClimarisQ. Comme le révèle Davide Faranda : « Elle comprendra plus d'interactivité avec les événements extrêmes. On pourra par exemple protéger la population. Il y aura aussi une roulette, comme au casino, qui s'arrêtera sur un événement extrême donné avec une probabilité dépendant du taux de CO<sub>2</sub>. » Avec cette nouvelle version, qui verra le jour fin 2024, ClimarisQ parviendra sans aucun doute à sensibiliser de nouveaux joueurs et joueuses à la complexité du changement climatique

<https://climarisq.ipsl.fr/>





● **Recherche**

**10** Sepsis et IHU Prometheus

**13** L'émergence de l'IA générative

**18** Donner un sens à l'odorat

**21** Quand les sciences deviennent participatives

● **Business & Innovation**

**16** Exploration et surveillance depuis le ciel

# Sepsis

## Une lutte de longue haleine et de nouvelles problématiques et ambitions

Le sepsis (ou septicémie) est une maladie résultant d'une réponse dérégulée du système immunitaire à une infection. Touchant plusieurs millions de personnes par an, enfants compris, et étant une des causes de mortalité les plus importantes dans le monde, il représente aujourd'hui un casse-tête majeur de santé publique. Comment traiter efficacement cette maladie ? Quelles solutions apporter aux patientes et aux patients ? Comment éviter les complications ? Des questions auxquelles l'Institut hospitalo-universitaire (IHU) Prometheus, associant l'Université Paris-Saclay, le CEA, l'Assistance publique - Hôpitaux de Paris (AP-HP), l'Inserm ainsi que d'autres partenaires académiques, associatifs et industriels, souhaite apporter des réponses. Officiellement lancé le 17 septembre 2024, ce premier centre mondial intégrant prévention, soin, recherche, formation et transfert technologique au sein d'un même écosystème, a pour ambition de réduire de moitié, dans les dix ans, la mortalité et les séquelles causées par le sepsis.

### Mots-clefs

Réponse dysimmunitaire

Infection

Corticoïdes

Antibiorésistance

Définie par l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) comme étant une des causes de décès les plus fréquentes dans le monde, le sepsis (ou septicémie) est une affection grave qui résulte d'une perte de contrôle du système inflammatoire à la suite d'une infection et qui conduit à l'atteinte des fonctions vitales de l'organisme. D'après l'organisation onusienne, elle touche chaque année près de 50 millions de personnes dans le monde (dont 45 % d'enfants de moins de cinq ans) et est responsable d'un décès sur cinq. Elle est également à l'origine de handicaps psychiques et moteurs chez un ou une survivante sur deux.

« Le sepsis est une maladie dysimmunitaire due à une première infection – bactérienne, virale, parasitaire ou fongique – à déclaration aiguë et brutale. La maladie se définit également par un potentiel évolutif sur le long terme, caractérisé par des rechutes pour environ un tiers des patientes et patients affectés une première fois, ou sous la forme de séquelles concernant des fonctions cognitives et engendrant des handicaps physiques ou le déclenchement de nouvelles maladies inflammatoires ou auto-immunes », décrit Djillali Annane, responsable de l'équipe d'étude de la réponse neuroendocrine au sepsis (SEPSIS), au sein du laboratoire Infection et inflammation (2I - Univ. Paris-Saclay/UVSQ/Inserm). Spécialiste de cette maladie à laquelle il se consacre depuis trente ans, Djillali Annane est aujourd'hui à la tête de l'Institut hospitalo-universitaire (IHU) Prometheus, dont le but est de réduire de moitié, d'ici dix ans, la mortalité et le coût social et financier que représente le sepsis. Rien qu'en 2019, on dénombrait en France plus de 400 cas de sepsis pour 100 000 habitants, avec un coût d'hospitalisation d'environ 16 000 € par personne.

### Appréhender le sepsis sous un angle nouveau

Lauréat en 2023 de l'appel à projets opéré dans le cadre du plan gouvernemental France 2030, l'IHU Prometheus réunit plus de 250 scientifiques d'une soixantaine de laboratoires, issus majoritairement de l'Université Paris-Saclay, du CEA, de l'AP-HP et de l'Inserm, ainsi que leurs partenaires académiques, associatifs

et industriels, autour de la lutte contre cette maladie et le fardeau sanitaire, social et économique qu'elle représente. Intégrant des chercheurs et chercheuses, des soignantes et soignants, des patientes et patients, des institutions et partenaires privés au sein d'un écosystème de prévention, de soin, de recherche, de formation et de transfert technologique, il doit aider au développement de nouveaux tests diagnostiques et de nouveaux médicaments.

Outre des équipes de recherche déjà spécialistes du sepsis et travaillant de longue date sur cette maladie, l'IHU Prometheus en implique également de nouvelles, dont le sujet leur est plus éloigné, afin de faire émerger des innovations disruptives. « Nous réunissons des collègues dont les domaines de prédilection sont les mathématiques, la chimie, la physique, le climat, l'immunologie fondamentale, les sciences vétérinaires, etc. et qui, durant les dix prochaines années, consacreront une partie de leur temps de recherche au sepsis, en impulsant des approches originales, diverses et sans à priori », s'enthousiasme Djillali Annane. Car l'enjeu est grand : malgré des décennies de recherches abondantes, les mécanismes du dérèglement de la réponse immunitaire aux pathogènes restent encore mal connus et aucun traitement ne donne aujourd'hui entière satisfaction. Une des ambitions scientifiques de l'IHU Prometheus est notamment de mieux comprendre les interactions moléculaires et cellulaires existant entre l'organisme hôte et les pathogènes à l'origine de la progression de l'infection non compliquée vers le stade du sepsis. Une cohorte longitudinale de 10 000 patientes et patients, suivis sur dix ans, devra faciliter la compréhension du sepsis long et ses conséquences sociales et économiques.

### Les corticoïdes : des premières armes pour freiner la mortalité due au sepsis

Généralement, lorsqu'un organisme est confronté à un agent pathogène (bactérie, virus, parasite, champignon, etc.), son système immunitaire déclenche une réponse adaptée circonscivant le développement de l'agent pathogène avant sa

Le sepsis touche  
**47 à 50 millions**

de personnes par an dans le monde.



Le sepsis est responsable d'au moins  
**11 millions** de morts par an et d'un décès toutes les

**2,8 secondes.**



**1 décès sur 5**

dans le monde est associé au sepsis.

Les survivants peuvent souffrir de **séquelles à long terme.**



destruction et son évacuation de l'organisme. « La plupart des infections sont généralement sans grands dommages pour l'organisme », précise Djillali Annane. « Dans l'immense majorité des cas, les infections sont modérément symptomatiques et un grand nombre d'entre elles disparaît du seul fait de nos défenses naturelles. »

Il existe cependant des cas de figure où la réponse immunitaire à une infection de l'organisme se montre disproportionnée : soit elle est excessive, endommage un grand nombre de tissus et altère le fonctionnement des organes du corps humain, soit elle est insuffisante et expose au risque de surinfection. « On parle d'immunoparalysie lorsque le système immunitaire se retrouve dans un état de fragilité l'empêchant de répondre à toute nouvelle agression », décrit le professeur.

Dans leur quête de traitement contre le sepsis, Djillali Annane et son équipe démontrent, dès 1994, l'intérêt d'utiliser un traitement à base de corticoïdes sur des échelles modérées de temps et de dosage, pour diminuer la mortalité associée à la maladie. Les corticoïdes représentent un ensemble d'hormones stéroïdiennes sécrétées par les glandes surrénales de l'organisme, logées dans l'abdomen. Ils influent sur le stress, l'utilisation des sucres et les systèmes immunitaire et inflammatoire de l'organisme. « Les corticoïdes font partie de l'arsenal de défense de l'organisme : le cortisol, l'aldostérone, etc. sont fabriqués naturellement par notre organisme pour se défendre contre les agressions extérieures, y compris les agents pathogènes et infections », confirme Djillali Annane. Les corticoïdes existent également aujourd'hui sous la forme de molécules de synthèse, dont le développement remonte aux années 1950.

Utilisés à forte concentration, les corticoïdes ont un pouvoir immunosuppresseur perturbant l'activité du système immunitaire. « Nous travaillons sur le sujet de la contribution des corticoïdes à cette dérégulation, cette réponse dysimmunitaire à l'infection et synonyme de sepsis. Nous avons démontré qu'effectivement, par le biais de différents mécanismes, les agents pathogènes provoquent une altération du système de défense, comprenant les corticoïdes, et contribuent à une réponse disproportionnée de l'organisme à la menace. Fort heureusement, il est aujourd'hui possible de synthétiser des corticoïdes. Nous avons donc mené des expériences visant à utiliser les corticoïdes pour compenser cette dérégulation de l'organisme. Nous avons beaucoup travaillé sur les mécanismes moléculaires impliqués, sur des modèles animaux, cellulaires et également sur des patientes et patients, pour essayer de mieux comprendre les différentes étapes altérant cette défense de l'organisme et comment la compenser », développe Djillali Annane, véritable pionnier du traitement de la maladie par l'administration contrôlée de corticoïdes. « Nous avons été les premiers à établir qu'effectivement, une certaine modalité d'administration de la combinaison de l'hydrocortisone avec la fludrocortisone, donnée à des doses modérées sur des durées n'excédant pas sept jours, compense, au moins partiellement, l'altération ayant provoqué le sepsis », confirme le chercheur.

« Nous essayons de définir des signatures, des empreintes que l'on utilisera ensuite au chevet d'une patiente ou d'un patient pour déterminer si, oui ou non, elle ou il bénéficiera d'un traitement à base de corticoïdes. » — Djillali Annane

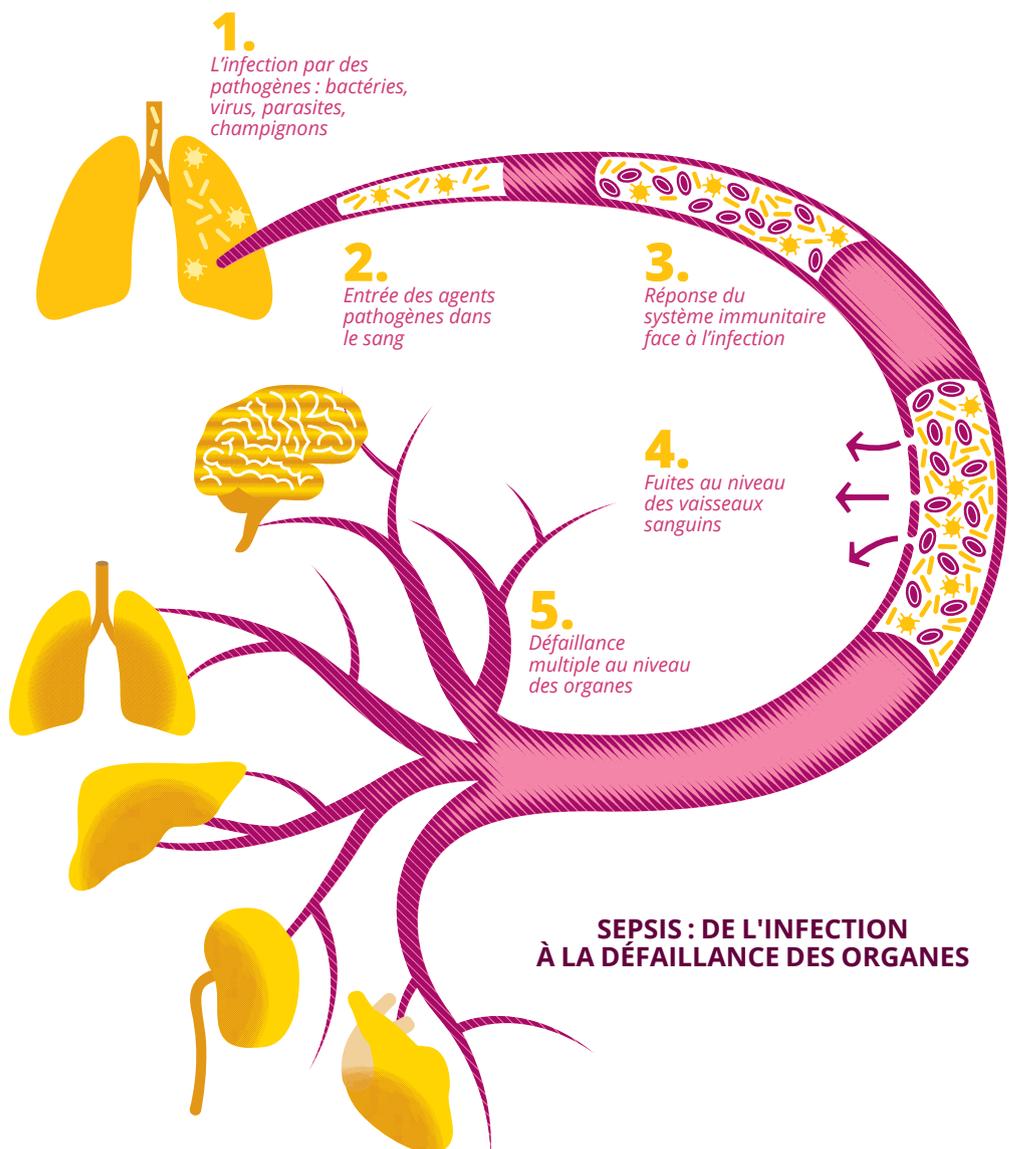
### Une nécessaire médecine de précision

En revanche, la sensibilité de chaque être humain aux traitements et aux molécules étant très variable, Djillali Annane et son équipe travaillent depuis dix ans à identifier des « profils » de patientes et patients. « On sait en médecine qu'il est possible d'améliorer l'efficacité des traitements par l'individualisation de leur administration. Cela se fait en réussissant à identifier les patientes et patients qui bénéficieront particulièrement d'un traitement, et celles et ceux qui, au contraire et pour diverses raisons, ne recevront aucun effet – ou pire, qu'il aggrave leur situation. C'est la médecine de précision. »

Pour cela, elles et ils font appel à des outils de biologie moléculaire, comme la transcriptomique (l'étude des acides ribonucléiques, ARN) ou la métabolomique (l'étude des métabolites), combinés

à des outils prédictifs d'intelligence artificielle, tels que le *machine learning* ou le *deep learning*. « Nous essayons de définir des signatures, des empreintes que l'on utilisera ensuite au chevet d'une patiente ou d'un patient pour déterminer si, oui ou non, il ou elle bénéficiera d'un traitement à base de corticoïdes. D'une certaine manière, nos travaux sur la corticothérapie représentent une "preuve de concept". Maintenant que celle-ci est établie, l'IHU Prometheus a pour vocation de la déployer et d'embrasser les différentes options thérapeutiques possibles, notamment en matière d'immunothérapie », développe le médecin. « À terme, ce "profilage" sera bénéfique au-delà du sepsis, comme, par exemple, dans les cas de maladies inflammatoires ou de cancers. »

En collaboration avec d'autres équipes internationales, l'équipe de Djillali Annane va d'ailleurs vérifier que ce profilage soit adaptable quel que soit le contexte socio-économique.



La médecine de précision est également au cœur de l'ambition scientifique de l'IHU Prometheus, qui va notamment chercher à valider et à commercialiser une plateforme de tests rapides afin de caractériser finement, à l'échelle de chaque individu, la réponse de l'hôte à l'infection, et des cibles thérapeutiques. Cela passera par la création d'un jumeau numérique spécifique du sepsis pour anticiper précisément la réponse de l'individu aux traitements.

### Bactéries et sepsis infantile

Directrice de recherche au sein de l'équipe Pathogène, immunité, microbiote (PIMs) du laboratoire Microbiologie de l'alimentation au service de la santé (MICALIS – Univ. Paris-Saclay/INRAE), Nalini Rama Rao étudie depuis plus de vingt ans, les interactions entre les bactéries pathogènes et la réponse immunitaire de l'hôte. En particulier, elle a décrypté les mécanismes de virulence de la bactérie *Bacillus cereus*. « Elle est un contaminant connu de l'alimentation, mais je l'ai plutôt étudiée sous l'angle hospitalier et des facteurs de virulence : *Bacillus cereus* est responsable d'infections graves chez les nouveau-nés, en particulier de septicémies », détaille la chercheuse. « Pendant longtemps, les hôpitaux ne se préoccupaient pas vraiment de cette bactérie : c'était un contaminant de literie, des soignantes et soignants. J'ai tenu à montrer que c'était une véritable bactérie pathogène, avec un impact réel sur cette population cible », raconte Nalini Rama Rao, qui affiche une motivation particulière à ce que ses recherches aient un intérêt clinique. « J'ai par exemple collaboré avec des hôpitaux, dans le but de changer ensemble les procédures liées à la collecte du lait maternel, aux sondes utilisées pour nourrir les enfants prématurés, afin de réduire la présence de *Bacillus cereus* et donc le risque de septicémie », explique-t-elle.

Troisième cause mondiale de mortalité infantile, le sepsis est responsable chaque année du décès de plus de 300 000 nouveau-nés. La résistance des bactéries aux antibiotiques complique le traitement des infections et augmente le risque de sepsis. Nalini Rama Rao a ainsi élargi ses recherches au-delà de *Bacillus cereus* et étudie actuellement comment bloquer la virulence des bactéries pathogènes résistantes aux traitements actuels et à l'origine de sepsis.

### Quand l'antibiorésistance s'ajoute au problème

Mais comment lutter aujourd'hui efficacement contre des agents pathogènes, alors que leur survie face aux antibiotiques censés les détruire (ou antibiorésistance) s'aggrave dans le monde entier ? « Le mécanisme des antibiotiques actuels consiste à cibler les mécanismes généraux de survie bactérien. Grossièrement, l'antibiotique va inhiber la capacité de la bactérie à survivre, dans n'importe quelle circonstance », explique Nalini Rama Rao. « C'est efficace, mais cela a un double effet délétère : cela a des répercussions sur l'ensemble des bactéries du microbiote de l'hôte, dont nous connaissons désormais l'importance, et provoque des dommages de santé collatéraux. L'autre problématique, c'est l'induction de résistance. Les bactéries mutent pour survivre et résistent de mieux en

mieux aux antibiotiques initialement conçus pour les éliminer. » De nouvelles solutions thérapeutiques, qui ne participent pas à l'antibiorésistance, s'avèrent donc nécessaires.

En 2017, l'OMS publie pour la première fois une liste d'agents pathogènes pour lesquels l'antibiorésistance devient critique. En mai 2024, cette liste s'aggrave de trois nouvelles familles bactériennes. Six de ces agents pathogènes parmi les plus antibiorésistants - *Enterococcus faecium*, *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii*, *Pseudomonas aeruginosa* et les espèces *Enterobacter* - forment l'acronyme ESKAPE. Toutes ces bactéries, et notamment *Bacillus cereus*, partagent une protéine en commun : la protéine Mfd (*Mutation frequency decline*). « Cette protéine, que j'ai initialement identifiée comme un facteur de virulence chez *B. Cereus*, est produite par toutes les bactéries et leur est indispensable pour résister au système immunitaire de l'hôte », explique Nalini Rama Rao. Après cette découverte, la chercheuse étudie la possibilité de cibler Mfd dans le développement de nouveaux médicaments, tout en abordant une approche sensible à l'antibiorésistance. « Plutôt que de tuer la bactérie, l'idée est de la désarmer. Mfd est une protéine utile uniquement au moment du stress immunitaire et d'une inflammation. Nous développons un composé qui bloque la protéine à ce moment précis et qui rend donc la bactérie vulnérable au système immunitaire, qui s'en débarrasse. Le microbiote n'étant pas une cible du système immunitaire, notre composé a un impact sur les bactéries pathogènes, sans toucher au microbiote. »

**« Pendant longtemps, les hôpitaux ne se préoccupaient pas vraiment de *Bacillus cereus*. J'ai tenu à montrer que c'était une véritable bactérie pathogène, avec un impact réel sur cette population cible. » — Nalini Rama Rao**

### Une protéine universelle qui ouvre une voie

Pour Nalini Rama Rao, les études liées à cette protéine ouvrent de nouvelles perspectives : « Finalement, cette protéine est universelle : elle est conservée par toutes les bactéries. C'est là qu'est née l'idée d'étendre nos connaissances à d'autres agents pathogènes et d'autres bactéries responsables d'antibiorésistance et de septicémie. » Suite à cette véritable preuve de concept, Nalini Rama Rao et son équipe voient leur projet financé par le mécénat Santé des mutuelles AXA à hauteur d'environ un million d'euros dans le but de développer un projet de recherche préclinique et d'aboutir à la création de nouveaux médicaments. Un financement de l'Agence nationale de la recherche (ANR) est attribué à l'équipe, afin de continuer la recherche fondamentale sur le sujet. Le projet est également soutenu par

l'Université Paris-Saclay, via le programme de maturation POC in Labs et la Société d'accélération du transfert de technologies (SATT) Paris-Saclay.

Le développement de nouveaux traitements, tels que de petites molécules innovantes, nanomédicaments, biothérapies et vaccins, et des stratégies modulant les microbiotes, est également un des axes forts de recherche de l'IHU Prometheus.

Convaincue par ailleurs que l'antibiorésistance est une lutte de chaque instant, à la portée de toutes et tous, Nalini Rama Rao développe des projets liés à cette thématique allant bien au-delà de la recherche. En 2019, la chercheuse s'associe à la dessinatrice Claire Fouquet et publie une bande-dessinée, *Résistances croisées*, qui décrit la vie de laboratoire et de l'équipe PIMs en présentant les grands enjeux de l'antibiorésistance. Trois ans plus tard, un nouveau projet de plus grande envergure voit le jour : un jeu de société coopératif, *Propag'Action*, basé sur l'utilisation de cartes et accessible dès dix ans.

### Publications

Pitre, T., et al. Corticosteroids in community-acquired bacterial pneumonia: a systematic review, pairwise and dose-response meta-analysis. *Journal of General Internal Medicine*, 38(11), 2023.

Tran, S.L. et al. An anti-virulence drug targeting the evolvability protein Mfd protects against infections with antimicrobial resistant ESKAPE pathogens. *BioRxiv*, 2024

<https://bd-bacterie.com/>

# IA générative

## Ces algorithmes qui révolutionnent la création de contenus

Depuis le lancement de ChatGPT en 2022, l'intelligence artificielle (IA) générative ne cesse de trouver de nouvelles applications dans divers domaines du quotidien. Mais qu'est-ce que l'IA générative ? Comment fonctionne-t-elle ? Et quels sont ses apports et ses limites ? Focus sur une technologie devenue omniprésente.

### Mots-clefs

Deep Learning

Réseaux de neurones

Modèles de langue

« Au cours des dernières décennies, l'intelligence artificielle (IA) a connu des avancées spectaculaires, et parmi ses branches les plus prometteuses se trouve l'IA générative. Contrairement aux algorithmes traditionnels, celle-ci est capable de créer de nouvelles données jamais observées auparavant. Cette capacité ouvre des horizons inédits dans des domaines très variés tels que la rédaction... »

Si vous n'aviez pas encore eu l'occasion de tester les capacités de l'IA générative, en voici une démonstration. Le paragraphe précédent n'a pas été rédigé par un être humain mais par ChatGPT, l'agent conversationnel (ou *chatbot*) de la société OpenAI. Dévoilé en novembre 2022, ce système a fait l'effet d'une révolution auprès du grand public. Deux mois après son lancement, il dénombrait déjà plus de 100 millions d'utilisateurs et utilisatrices. Aujourd'hui, ChatGPT demeure l'IA générative la plus connue et la plus utilisée, avec quelque 1,8 milliard de visites mensuelles sur la plateforme dédiée.

L'Université Paris-Saclay traverse aussi cette révolution de l'IA générative. Mais comment cela s'y illustre-t-il ? Cette question a été abordée lors de la journée organisée le 5 juin dernier sur le plateau de Saclay par la Direction de l'innovation pédagogique (DIP) et la Graduate School Métiers de la recherche et de l'enseignement supérieur (GS MRES), avec le soutien de l'Institut DATAIA, l'institut d'intelligence artificielle de l'Université Paris-Saclay. « L'objectif était de démystifier l'IA générative et d'offrir un panorama pluridisciplinaire de l'utilisation des outils comme ChatGPT à l'université », explique Serge Pajak, chercheur au laboratoire Réseaux, innovation territoires mondialisation (RITM - Univ. Paris-Saclay) et chargé de mission IA générative à l'université. « ChatGPT est devenu tellement populaire que de nombreuses étudiantes et étudiants l'utilisent déjà. Ceci impose en quelque sorte à la communauté enseignante de se positionner par rapport à cette technologie pour en orienter les bonnes pratiques. » À l'Université Paris-Saclay, des enseignantes et enseignants se sont déjà emparés du sujet, en posant par exemple au chatbot une question de cours et en commentant sa réponse avec les étudiantes et étudiants. « C'est une méthode intéressante car très efficace pour intégrer l'IA dans l'enseignement et la mobiliser de manière critique, en discutant de la qualité de son contenu. »

Cartographier les usages et les compétences en IA générative au sein de l'université, c'est justement la tâche

principale du chargé de mission. Avec la DIP et la GS MRES, « nous travaillons aussi à construire un accompagnement à l'utilisation de ces outils. L'idée est notamment de proposer des formations sous forme d'acculturation avec une approche assez pratique, ainsi qu'une sensibilisation sur les mésusages potentiels de cette technologie. » Parmi ces mésusages, on compte par exemple le fait de laisser à ChatGPT le choix de valider, ou non, un projet après l'analyse de son dossier. Or « sa mécanique interne n'est pas du tout adaptée à cela », assure Serge Pajak. Pour comprendre pourquoi, il faut plonger au cœur même de l'IA générative, ou plutôt des multiples systèmes que recouvre ce terme.

### IA générative : un terme unique pour des systèmes très différents

Bien que l'IA générative semble avoir émergé très récemment, elle est le fruit de plusieurs décennies d'innovations dans le domaine du *machine learning* (apprentissage automatique). Des innovations qui se sont accélérées au cours des dix dernières années, donnant naissance à l'IA générative telle qu'on la connaît. « Avant toute chose, il faut souligner que ce terme est très commercial. C'est un mot-clé utilisé comme moteur de communication mais il est trop flou sur le plan scientifique », prévient Vincent Guigue, enseignant-chercheur rattaché au laboratoire Mathématiques et informatique appliquées (MIA - Univ. Paris-Saclay/AgroParisTech/INRAE).

En pratique, l'IA générative fait bien appel à un concept scientifique, à savoir des systèmes informatiques capables de générer des données. « Le problème est qu'on regroupe sous ce chapeau des architectures très différentes les unes des autres. » Le terme désigne aussi bien ChatGPT, conçu pour générer du texte, que MidJourney, utilisé pour créer des images, GitHub Copilot, destiné à fournir du code informatique, ou encore AlphaFold, spécialisé dans la modélisation des protéines. « Techniquement parlant, ces modèles ne reposent pas du tout sur les mêmes composants, ni les mêmes modalités de données », appuie l'enseignant-chercheur.

Si leurs architectures diffèrent, les modèles d'IA générative partagent une base commune : celle du *deep learning* (apprentissage profond). Il s'agit d'opérateurs mathématiques très complexes constitués d'unités élémentaires : les neurones artificiels. Ces derniers sont regroupés en réseaux constitués de dizaines voire de centaines de couches de

neurones interconnectés qui vont analyser les données fournies. Hyper-flexibles, ces architectures sont adaptables à des types de données très variés - textes, images, sons, données numériques, etc. - pour des applications tout aussi diverses. Le traitement automatique de la langue (en anglais *Natural Language Processing*, NLP) est l'une d'entre elles.

En intelligence artificielle, « traiter l'information textuelle est une tâche extrêmement compliquée », explique Vincent Guigue. « Il existe des centaines et des centaines de milliers de mots. Sans compter les fautes d'orthographe qu'on fait au quotidien. S'attaquer aux données textuelles est donc difficile. » C'est pourtant bien ce que font aujourd'hui ChatGPT et d'autres outils, tels que Claude, développé par Anthropic, ou LaMDA, créé par Google.

### Les modèles de langue, de « fantastiques outils » pour traiter le texte

Leur secret réside dans les modèles de langue, des architectures spécifiquement conçues pour traiter du texte. « L'intérêt de ces modèles est de mieux représenter l'information textuelle en réalisant une projection des mots dans un espace vectoriel continu. Chacun des mots devient un point dans l'espace. » Et la position de chacun de ces points est d'une importance cruciale. Plus les points sont proches, plus leur signification est similaire. Cet espace présente par ailleurs des régularités : en réalisant des translations, on passe ainsi d'un féminin à un masculin, d'un singulier à un pluriel, etc. Transféré dans un tel espace, un texte devient alors plus facile à analyser et à comprendre.

En réalité, ce ne sont pas tout à fait les mots qui sont analysés. Les modèles pratiquent ce qu'on appelle la *tokénisation* : le texte est divisé en petites entités appelées *tokens* (ou *jetons*) qui sont des mots, des syllabes ou des suites de caractères. Cette découpe aide les modèles à réduire la variabilité linguistique, à s'adapter aux fautes d'orthographe ou à modéliser plusieurs langues en conservant un vocabulaire limité. Mais pour bien traiter les textes qui leur sont confiés, les algorithmes doivent d'abord s'entraîner et ce, sur une grande quantité de données. ChatGPT, par exemple, repose sur un modèle *Transformer*, plus exactement un GPT (*Generative Pre-trained Transformer*) qui est entraîné à prédire le token suivant. Sa mission consiste donc à compléter une séquence, token par token, avec la suite la plus probable possible, en fonction du contexte précédent.



À partir de cette capacité d'analyse, découlent diverses applications. « Les modèles de langue sont de fantastiques outils pour classer des mots, extraire des connaissances à partir de documents ou synthétiser des textes », confirme Vincent Guigüe. Là où l'arrivée de ChatGPT marque une révolution, c'est que le chatbot va bien au-delà de ça. « Jusqu'à là, ces modèles étaient des outils intermédiaires pour être meilleur sur les tâches de traitement de la langue. Mais le fait qu'un modèle soit capable de générer des textes basés sur des connaissances et de répondre pertinemment à des questions complexes, c'est totalement nouveau. »

### Des sorties optimisées grâce à un apprentissage par renforcement

La création d'OpenAI repose sur un grand modèle de langue (en anglais *Large Language Model*, LLM). Autrement dit, un réseau de neurones bien plus gros et entraîné sur bien plus de données. À son lancement, le chatbot fonctionne à l'aide d'une version de GPT-3 affichant une taille de 175 milliards de paramètres. À titre de comparaison, « le modèle Transformer à la mode en 2017 faisait 100 millions de paramètres, ce qui était déjà énorme », précise Vincent Guigüe. Quant au volume qui a servi à l'entraîner, il s'agit d'un corpus massif de plusieurs téraoctets (To) de données comprenant des centaines de milliers d'articles, livres et autres textes issus du web. « On estime que les contenus Wikipédia constituent à peine 3 % de l'archive utilisée pour l'apprentissage de ChatGPT. »

C'est sur ce corpus massif que le modèle s'est entraîné à prédire le mot suivant afin de modéliser la langue et mémoriser des connaissances. Sauf qu'OpenAI n'en est pas restée là. Grâce à des données supplémentaires plus qualitatives, la société a aussi entraîné le GPT au jeu de questions-réponses et à d'autres tâches de raisonnement. Enfin, « il y a eu une dernière étape d'apprentissage par renforcement avec un être humain dans la boucle : une question est posée au système qui génère dix réponses. Ensuite, l'intervenant humain note les réponses pour diriger le système vers les plus pertinentes. Avec une telle étape, on gagne beaucoup de qualité dans les réponses. On peut aussi censurer les sujets sensibles », détaille l'enseignant-chercheur. Avant ChatGPT, ce type d'apprentissage n'avait encore jamais été utilisé pour optimiser les sorties d'un modèle.

C'est grâce à cet apprentissage particulier que le chatbot est aujourd'hui capable de répondre, dans un langage étonnamment naturel, aux multitudes de requêtes (ou prompts) qui lui sont soumises. Qu'il s'agisse d'écrire un discours ou de dénicher une recette de cuisine, ChatGPT suit toujours le même processus : identifier tour par tour le mot suivant le plus probable. « Pour lui, la réponse est une succession de mots vraisemblables qui viennent à la suite de la phrase donnée en entrée. » Voilà pourquoi, comme évoqué plus haut, demander son avis à ce type de système sur un dossier ou un devoir est inadapté.

Le traitement du langage n'est pas la seule application à connaître une évolution spectaculaire grâce aux réseaux de neurones. C'est aussi le cas de la création d'images, dont on constate les progrès avec des systèmes comme MidJourney, qui génère aujourd'hui des images d'un réalisme bluffant. « Le domaine du machine learning ne va pas du tout à la même vitesse que les autres sciences. Quand on regarde à posteriori ce qui s'est passé au cours des dix dernières années, c'est un TGV. Tous les enseignants comme moi ont dû refaire leurs cours plus de cinq fois, sinon on racontait des choses qui n'avaient plus de sens », témoigne Vincent Guigüe.

### Des modèles qui font des erreurs

Aussi performants soient-ils devenus, les modèles génératifs conservent des limites. ChatGPT et les autres systèmes similaires « n'ont pas de notion de ce qui est bon ou mauvais dans leur réponse. Ils ont une notion de ce qui est vraisemblable ou non »,

pointe Vincent Guigüe. Ils sont donc tout à fait capables de générer des erreurs, des réponses statistiquement bonnes mais factuellement fausses. Ces « hallucinations » sont notamment fréquentes lorsque l'on interroge la machine sur des connaissances rares ou postérieures à ses données d'entraînement. Or, « les modèles ne savent pas dire qu'ils ne savent pas. Ils sont très confiants dans leurs bonnes réponses comme dans leurs erreurs. »

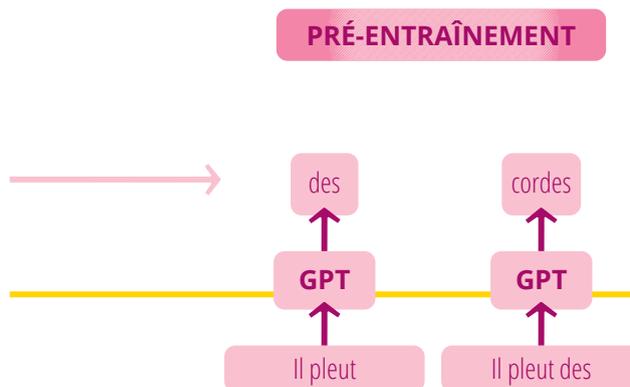
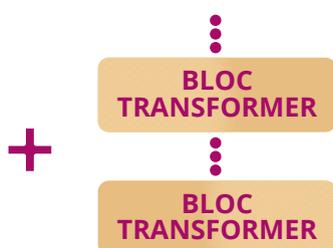
Une autre limite essentielle des modèles est leur manque de prédictibilité et d'explicabilité. Pourquoi ce modèle a-t-il fourni cette réponse plutôt qu'une autre ? « On est aujourd'hui incapable d'expliquer le processus de décision de ces modèles parce qu'il y a trop de paramètres combinatoires. » Des études ont montré que certains prompts insolites tels que demander à la machine de « respirer profondément » améliorent la qualité de ses réponses. Sans que l'on ne sache pourquoi.

« Il y a plein d'applications où les limites des modèles ne sont pas acceptables. Si l'on dit qu'un modèle est bon à 97 %, cela semble bien. Mais un véhicule autonome bon à 99 % est une catastrophe », illustre l'enseignant-chercheur, prenant en exemple l'accident mortel survenu en 2018 entre un véhicule Uber et une piétonne. « Au lendemain de l'accident, on savait tout sur ce qu'il s'était passé, on a une capacité d'explication a posteriori. Le problème est qu'on n'avait pas su prédire que l'algorithme allait se tromper sous certaines conditions. »

La médecine est un autre domaine où l'IA générative a récemment fait son entrée. « C'est très bien que les médecins bénéficient d'une aide au diagnostic. Les algorithmes peuvent pointer des éléments qui leur ont échappé et peuvent avoir du sens », juge Vincent Guigüe. « Mais ces choses peuvent aussi ne pas avoir de sens du tout. C'est pour cela qu'il est impératif que les décisions restent humaines. Ces systèmes sont de très bons assistants, mais pas de très bons remplaçants. »

### Références

La conférence du 5 juin 2024 : <https://parisclaay.mediasite.com/Mediasite/Channel/iagenerative/>



# IA générative et éthique

## Le défi d'encadrer une technologie en pleine émergence

L'essor de l'IA générative ne vient pas sans défis, ni risques. Cette technologie révolutionnaire soulève de nombreuses questions éthiques et juridiques, liées à sa conception, ses usages ou encore son impact social. À l'échelle mondiale, diverses actions tentent de la réglementer mais se heurtent au défi d'encadrer une technologie encore en pleine émergence.

### Mots-clés

Éthique

Réglementation

IA Act

C'est une loi historique qui est entrée en vigueur en août 2024 dans l'Union européenne (UE). Nommée IA Act, elle vise à jeter les bases de la réglementation de l'intelligence artificielle (IA) au sein de l'UE. Cela faisait trois ans que les instances européennes planchaient sur ce projet de législation, qui n'a pas manqué de susciter le débat. Et pour cause, à l'échelle mondiale, l'UE est la première à se doter d'une loi pour répondre à l'essor de l'IA, y compris celui de l'IA générative.

Si l'IA soulève, de façon générale, de nombreuses questions éthiques et juridiques, les systèmes d'IA générative suscitent leurs propres interrogations. Les grands modèles de langue (LLM), comme celui utilisé par ChatGPT, sont capables de générer ce qu'on appelle du langage toxique. Il s'agit d'insultes, de discours de haine, d'incitations à la violence, d'énoncés offensants ou irrespectueux. Certains contenus sont aussi susceptibles de refléter des biais, tels que des stéréotypes racistes ou discriminatoires.

Pour réduire ce type de sorties, les constructeurs mettent en place des filtres ou des contrôles via l'intervention de modérateurs humains durant la phase d'apprentissage des modèles. Or, ce processus n'est aujourd'hui ni transparent, ni vérifié. Il n'est pas non plus infaillible. « Ces filtres et contrôles ne suppriment pas le langage toxique. Ils le rendent juste moins probable », confirme Alexei Grinbaum, directeur de recherche au CEA Paris-Saclay et président du Comité opérationnel pilote d'éthique du numérique du CEA. À l'inverse, cette modération peut aussi conduire à un excès de contrôle.

L'origine et la qualité des données utilisées pour l'apprentissage des modèles constituent une autre source d'interrogations. « Nous avons ici le premier niveau de l'éthique de l'IA générative. C'est tout ce qui concerne l'aspect technique : comment les

modèles sont-ils conçus et quels usages en fait-on ? », détaille le physicien du CEA. « Mais nous avons aussi un autre type de considérations éthiques lié aux effets à long terme de cette technologie sur la société et les êtres humains. Par exemple, comment les modèles changent-ils les pratiques professionnelles ? »

Les spécialistes de l'éthique du numérique n'ont pas attendu le lancement de ChatGPT en novembre 2022 pour se questionner sur les enjeux de ces systèmes. Dès 2021, le Comité national pilote d'éthique du numérique (CNPEN), placé sous l'égide du Comité consultatif national d'éthique (CCNE) et mis en place deux ans plus tôt, publie un premier avis sur les agents conversationnels. « Nous y parlons des modèles de langue Transformer et de leur impact sur la société. À l'époque, on prévoyait déjà l'ampleur et la gravité des questions que cela allait poser », précise Alexei Grinbaum, membre du CNPEN et co-rapporteur de cet avis. En 2023, un second avis sort, avec une trentaine de préconisations pour la conception, la recherche et la gouvernance des systèmes d'IA générative. Le CNPEN - dont la mission prend fin en 2024 pour laisser place à une structure permanente - « a été le premier à l'échelle nationale et internationale à se prononcer sur ces questions ».

### Un cadre réglementaire « nécessaire »

Les enjeux liés à ces systèmes sont tels qu'il est « nécessaire d'établir un cadre réglementaire », estime Alexei Grinbaum. C'est dans ce but que l'Union européenne adopte l'IA Act, dont les mesures commenceront progressivement à s'appliquer à partir de 2025. Parmi les dispositions les plus importantes, cette législation introduit la notion de systèmes d'IA à haut risque lorsqu'ils sont utilisés dans des domaines sensibles comme l'éducation, l'emploi ou l'octroi de crédits bancaires. « Cela signifie que tous les systèmes fonctionnant dans les secteurs concernés sont soumis à des obligations et des certifications », détaille l'enseignant en éthique des sciences. De même, le texte établit une classification des modèles d'IA à usage général, en imposant diverses obligations en fonction du risque qui leur est associé.

Dans cette loi, « on retrouve tous les principes qui existaient déjà pour l'IA en 2019 : la transparence, l'explicabilité, la robustesse, la sécurité. Ce qui me semble très intéressant, c'est qu'elle instaure un principe éthique nouveau : celui du maintien des distinctions. » En effet, la législation exige qu'un contenu généré par un modèle soit distinguable d'un contenu créé par un

être humain. « C'est un principe fondamental que nous avons évoqué avec le CNPEN. Mais scientifiquement, c'est une chose difficile à mettre en œuvre pour certains contenus. » Des marqueurs tels que des filigranes (ou watermarks) montrent leur efficacité pour identifier des images ou des vidéos générées par IA. Avec le texte, en revanche, la tâche s'avère bien plus complexe. « Il y a dans cette loi des obligations pour lesquelles nous n'avons actuellement pas de solutions scientifiques », reconnaît le spécialiste.

Cet exemple, parmi d'autres, illustre le défi que représente « l'opérationnalisation » - la mise en application - des principes édictés par la législation. Il souligne aussi l'importance d'établir un dialogue entre les acteurs et actrices techniques du secteur et les instances réglementaires, selon Alexei Grinbaum. Ceci est d'autant plus crucial que l'IA générative est une technologie en pleine émergence et qui évolue très vite : « Huit mois équivaut à un siècle dans le domaine de l'intelligence artificielle. L'avènement de ces technologies est bien plus rapide que le processus législatif. » Encadrer l'IA par une loi est-il alors la meilleure solution ? « Le problème est qu'il faut faire une loi qui soit suffisamment souple pour évoluer très vite et ne pas la regretter d'ici cinq à dix ans. Ce qui, à mon sens, n'est pas complètement le cas avec l'IA Act. » En mai 2025, le Bureau de l'IA, créé par la Commission européenne, doit publier les codes de pratique pour faire appliquer le règlement européen. « C'est là que nous verrons la portée concrète et pratique des articles très politiques de la loi », juge Alexei Grinbaum.

Ailleurs aussi, des initiatives similaires voient le jour. En 2023, la Chine, de même que les États-Unis, se dotent de nouvelles réglementations pour encadrer le développement et l'utilisation de l'IA, y compris l'IA générative. Dans l'espoir de rattraper l'évolution des dernières années. Mais la technologie aura vraisemblablement toujours des coups d'avance. « Avec cette technologie qui diffuse dans tous les secteurs, il n'est pas possible de tout imaginer. Il est certain que dans vingt ans, il y aura tout un tas de nouvelles questions auxquelles nous n'aurons pas pensé », prédit le physicien du CEA.

### Références

Alexei Grinbaum, *Parole de machines*, humenSciences, 2023

<https://artificialintelligenceact.eu/>

Avis n°7 du CNPEN : Systèmes d'intelligence artificielle générative : enjeux d'éthique [https://www.ccne-ethique.fr/sites/default/files/2023-09/CNPEN\\_avis7\\_06\\_09\\_2023\\_web-rs2.pdf](https://www.ccne-ethique.fr/sites/default/files/2023-09/CNPEN_avis7_06_09_2023_web-rs2.pdf)

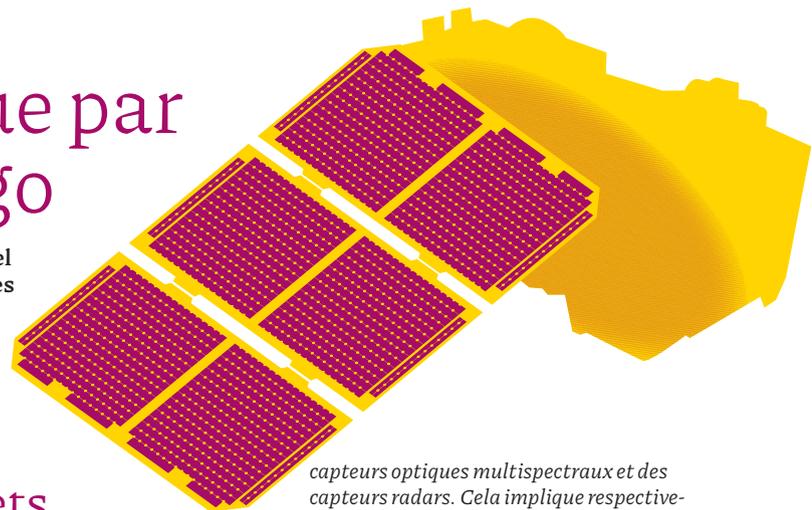
### EXÉCUTION



# Nouvelles frontières

## Surveillance écologique par satellite et drones cargo

Grâce aux nouvelles technologies, l'exploration et la surveillance depuis le ciel prennent un nouvel essor. La surveillance écologique par satellite et les drones cargo sont autant de technologies innovantes développées à l'Université Paris-Saclay.



### **Kanop** Mesurer l'impact des projets forestiers par satellite

Fondée en 2021, cette start-up permet aux porteurs et porteuses de projets de carbone forestier et aux gestionnaires forestiers de mesurer efficacement leur impact climatique.

Kanop est née de la rencontre entre Louis de Vitry, alumnus de Centrale-Supélec, co-fondateur et directeur technique (CTO) de la start-up, et Romain Fau, co-fondateur et directeur général (CEO). La raison d'être de cette start-up ? Permettre aux porteurs et porteuses de projets de carbone forestier de mesurer et vérifier leur impact climatique en termes de carbone séquestré, d'indice de préservation de la biodiversité, etc. L'urgence de la crise climatique rend primordial le fait de protéger ces espaces, mais de tels projets nécessitent des fonds non négligeables.

« Le but est de fournir transparence et crédibilité à ces projets et leurs impacts pour favoriser leurs financements », confie Romain Fau.

Pour répondre à ces enjeux, la start-up propose une plateforme qui utilise des images satellites de pointe et l'intelligence artificielle pour produire des indicateurs. Le processus de production de données commence par la sélection stratégique d'images de télédétection. « Pour fournir des informations, les satellites sont équipés de deux principaux types de capteurs : des

capteurs optiques multispectraux et des capteurs radars. Cela implique respectivement les satellites Sentinel-2 et Landsat-8, et les satellites Sentinel-1 et PALSAR », explique Romain Fau.

Au cœur de la méthodologie déployée par Kanop se trouve un modèle de réseau neuronal profond - un processus de machine learning basé sur l'intelligence artificielle - qui possède une couverture mondiale. Ce modèle s'est formé sur un ensemble de données couvrant 60 millions d'hectares de forêts et garantit un niveau de précision élevé.

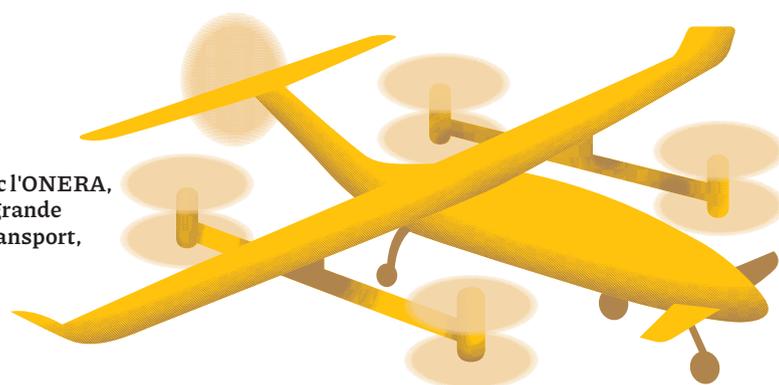
Depuis deux ans, la start-up est accompagnée par l'incubateur 21st by CentraleSupélec - « ils nous aident notamment à structurer des levées de fonds » - et également par le Forest'Inn Lab d'AgroParisTech.

<https://www.kanop.io/>

### **Windlair** Un drone hybride cargo, c'est possible !

Start-up fondée en 2022, en partenariat étroit avec l'ONERA, Windlair développe et construit un drone cargo à grande élévation destiné aux secteurs de l'énergie, du transport, de l'industrie, de la sécurité civile et de la défense.

Venant tous les trois de l'aéronautique, c'est naturellement qu'Armin Taghizad, expert chargé de mission hélicoptères à la direction technique de l'information et des systèmes de l'ONERA, Novine Taghizad et Robert Roma s'associent afin de créer Windlair. Cette start-up développe et construit un aéronef autonome basé sur une technologie VTOL (Vertical take off and landing). Positionné entre le drone et l'avion, l'appareil affiche une particularité qui repose dans sa voilure et sa motorisation hybrides. « Il dispose d'une voilure fixe pour décoller et atterrir comme un avion. Mais il a aussi une voilure tournante qui lui permet de maintenir une situation verticale comme un hélicoptère », détaille Robert Roma, directeur commercial de Windlair.



Actuellement en phase de R&D, l'appareil de 630 kg a pour ambition de servir à la fois dans des missions de transport, de logistique et de fret aérien, et dans divers secteurs - énergies, transport, industrie, sécurité civile et défense - grâce à une charge utile de 150 kg déplacée sur 400 km. « Le drone cargo sera un atout déterminant pour la gestion de crise », affirme Robert Roma, puisque l'appareil pourra desservir des zones sinistrées et ainsi amener du matériel de premier secours ou encore des vivres. « Il constitue une solution rapide et moins risquée puisqu'il n'y a ni pilote ni passager à bord. »

Depuis les débuts du projet, les fondateurs de Windlair sont accompagnés par la SATT Paris-Saclay et l'ONERA qui les aident plus particulièrement à valoriser leur propriété intellectuelle autour de la chaîne de propulsion hybride. La prochaine étape du programme est le passage en soufflerie.

Et pour fêter la nouvelle année 2025, quoi de mieux que de sortir le prototype volant à échelle réduite !

<https://www.linkedin.com/company/windlair/>

# Quand l'innovation rencontre l'action

## Bienvenue au bâtiment 503 de l'Institut d'Optique Graduate School

Le 1<sup>er</sup> octobre a eu lieu l'inauguration du bâtiment 503, le centre d'entrepreneuriat et d'innovation de l'Institut d'Optique Graduate School, installé sur le campus de l'Université Paris-Saclay, à Orsay. Après deux ans de travaux, ce bâtiment fait peau neuve sur plus de 10 000 m<sup>2</sup>, désormais dédiés à l'innovation et à l'entrepreneuriat technologique. De quoi assurer un futur prometteur à ce lieu qui fourmille déjà de projets.

La foule est dense, ce 1<sup>er</sup> octobre, dans le hall du bâtiment 503 à l'occasion de l'inauguration de ce nouveau centre dédié à l'entrepreneuriat et à l'innovation de l'Institut d'Optique Graduate School. La matinée démarre par la conférence « Éclaire l'innovation » dans laquelle Rémi Carminati, directeur général de l'Institut d'Optique Graduate School, souligne que ce centre « est au croisement de la formation, de l'innovation technologique et de la recherche fondamentale ». Il conclut en réaffirmant l'ambition de l'Institut d'Optique de « poursuivre dans la voie de l'excellence et de l'ouverture ». Ensuite, Camille Galap, présidente de l'Université Paris-Saclay, ainsi que plusieurs représentants de l'État, dont Clara Chappaz, nouvelle secrétaire d'État chargée de l'Intelligence artificielle et du Numérique, des élus locaux, tels que Rémi Darmon, maire d'Orsay, et Valérie Péresse, présidente de la région Île-de-France, partagent leur vision pour la renaissance de ce centre d'innovation et d'entrepreneuriat.

rondes comptent de nombreuses intervenantes et intervenants qui partagent leurs témoignages inspirants et leurs parcours de réussite sur le territoire Paris-Saclay. Parmi eux, Alain Aspect, directeur de recherche émérite au CNRS, professeur à l'Institut d'Optique Graduate School / Université Paris-Saclay travaillant au Laboratoire Charles Fabry (LCF – Univ. Paris-Saclay/Institut d'Optique Graduate School/CNRS) et prix Nobel de physique 2022, qui partage le fait qu'une clé de la réussite des projets sur le territoire de Paris-Saclay est, selon lui, « la proximité des acteurs, notamment des laboratoires de recherche fondamentale et des industriels, dans le processus de transfert et dans le démarrage des projets ».

Plus tard, dans l'après-midi, une exposition photo « Histoire du 503 » offre au public présent une immersion dans le passé et le futur du bâtiment. La journée se conclut par l'exploration d'un village « Photonique et Innovation », constitué de stands mettant en avant les projets d'innovation et les partenariats entre l'Institut d'Optique Graduate School et le territoire.

Autant de moments d'inspirations, d'échanges et de découvertes qui illustrent parfaitement les ambitions et la nouvelle dynamique du centre 503.

### Un catalyseur d'innovation

Ancré dans l'écosystème de l'Université Paris-Saclay, le bâtiment 503 se veut être un accélérateur d'innovation et d'entrepreneuriat, en favorisant les échanges de proximité entre étudiantes et étudiants, entreprises et acteurs et actrices du territoire.

Depuis 2006, l'Institut d'Optique Graduate School a mis en place une Filière innovation entrepreneurs (FIE), l'une des meilleures formations en France dans le domaine de l'entrepreneuriat technologique, qui offre l'opportunité aux étudiantes et étudiants de se lancer dans la création d'entreprise. Le 503 en est le lieu d'expression. Les étudiantes et étudiants sont entourés par des entrepreneurs et entrepreneuses, des ingénieures et

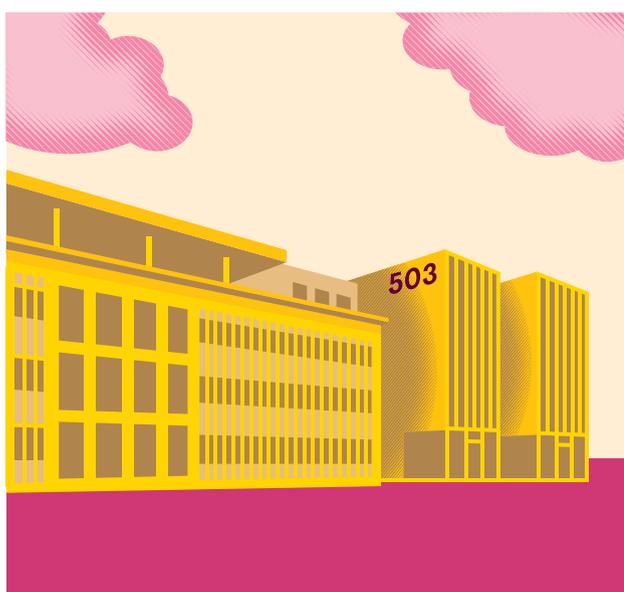
ingénieurs expérimentés, ainsi que par leurs aînés de la FIE qui ont créé leur entreprise.

Mais les échanges ne s'instaurent pas seulement en interne puisque le 503 est également un lieu ouvert sur l'extérieur. Des partenariats forts s'y développent avec d'autres établissements de formation, des centres de recherche et des entreprises, qui bénéficient ainsi d'expertises scientifiques, d'un accompagnement technologique et entrepreneurial ainsi que de l'accès à une plateforme de prototypage : le Photonic Fablab.

L'ambition du 503 ne s'arrête pas là. Dans cette dynamique de collaboration, le lien entre l'Institut d'Optique Graduate School et l'Université Paris-Saclay s'est renforcé depuis la création du Pôle universitaire d'innovation (PUI) de l'Université - un label France 2030, obtenu en juillet 2023 et ayant pour ambition de porter une innovation qui contribue à résoudre les défis sociétaux contemporains et favoriser ainsi le progrès humain. L'Institut d'Optique Graduate School, qui est l'un des membres fondateurs du PUI de l'Université Paris-Saclay, est également un acteur clé de deux des quatre piliers de ce PUI. Il contribue ainsi à la sensibilisation de la communauté universitaire à l'innovation et à l'entrepreneuriat, en participant à la formation à l'innovation des cadres et futures et futurs cadres de l'enseignement supérieur. Il joue également un rôle important dans l'accompagnement des projets et start-up, en assurant un suivi des initiatives en phase de pré-création et en organisant des événements de mise en réseau. Le 503 sera d'ailleurs un espace privilégié pour ces activités et accueillera des initiatives afin de répondre à ces enjeux.

Incarnant à la fois un écosystème dynamique et collaboratif, le 503 s'impose déjà comme un lieu d'innovation incontournable du territoire de l'Université Paris-Saclay.

<https://www.institutoptique.fr/entreprises-et-innovation/centres-entrepreneuriaux>



La matinée se poursuit par des tables rondes explorant des thèmes comme l'investissement, l'innovation et la recherche collaborative, l'entrepreneuriat et l'innovation en photonique et quantique dans les grands groupes. Toutes plus enrichissantes les unes que les autres, grâce à leurs points de vue variés, ces tables

# Nez, olfaction et parfum

## Donner un sens à l'odorat

Mots-clefs

Récepteurs olfactifs

Anosmie

Virus respiratoires

Parfums

Longtemps méconnu, puis injustement ignoré, le sens de l'odorat a suscité un regain d'intérêt du grand public lors de la pandémie de Covid-19. Cette thématique est pourtant le sujet d'étude de scientifiques de diverses spécialités depuis de nombreuses années. Les chercheurs et chercheuses de l'Université Paris-Saclay dévoilent leurs approches et leurs récentes découvertes sur cette thématique.

« Comment appelle-t-on quelqu'un qui ne voit pas ? Quelqu'un qui n'entend pas ? Et quelqu'un qui ne sent pas ? » Ce sont par ces trois questions que Claire de March, chercheuse à l'Institut de chimie des substances naturelles (ICSN - Univ. Paris-Saclay / CNRS), débutait jusqu'à il y a peu la plupart de ses conférences. Une manière pour elle de prouver que, si les termes « aveugle » et « sourd » sont souvent connus, les notions d'anosmie (perte d'odorat) et d'olfaction sont bien plus rarement familières du grand public.

Les études dédiées à l'odorat sont en effet relativement récentes ; la découverte des récepteurs olfactifs, c'est-à-dire les structures qui permettent à la plupart des mammifères de sentir, ne remonte par exemple qu'à 1991. « Plus de vingt ans après avoir marché sur la Lune ! », précise Claire de March. La communauté scientifique estime aujourd'hui que le nez humain est constitué d'environ 400 récepteurs olfactifs différents, capables, en créant de multiples combinaisons, de sentir entre dix mille et un trillion (un milliard de milliards) d'odeurs différentes. Les

récepteurs olfactifs activés créent un signal électrique se traduisant par l'activation de neurones olfactifs, qui transmettent le signal jusqu'au cerveau. Ce dernier l'interprète alors comme une odeur.

### La première structure expérimentale d'un récepteur olfactif humain

À quoi ressemble un récepteur olfactif humain ? C'est la question à laquelle tente de répondre Claire de March depuis plusieurs années. Après une première expérience en analyse sensorielle dans le secteur agro-alimentaire, la chercheuse se spécialise en 2012 en chimie moléculaire et décide de dédier ses recherches à l'étude du fonctionnement fondamental du système olfactif. C'est au cours de son post-doctorat aux États-Unis que Claire de March se rend rapidement compte des limites des études biochimiques sur l'olfaction. Le problème : l'instabilité et l'expression insuffisante des récepteurs olfactifs dans les modèles cellulaires utilisés en laboratoire. Il est alors impossible pour les scientifiques d'étudier la structure de ces récepteurs et

de mesurer précisément leurs interactions avec des molécules odorantes. Par ailleurs, certains récepteurs théoriques modèles utilisés pour les études sur l'olfaction s'inspirent encore de récepteurs à la lumière - impliqués dans la vue - qui, bien que très différents, s'expriment et se clonent plus facilement en laboratoire.

Pour dépasser ces limites expérimentales, Claire de March propose d'appliquer la théorie du consensus aux récepteurs olfactifs. « Cette théorie suggère que l'acide aminé le plus fréquemment présent dans une sous-famille de protéines est celui qui optimise sa fonction, davantage qu'un acide aminé sélectionné au hasard », explique la chercheuse. En d'autres termes, le fait qu'un acide aminé soit présent souvent dans une séquence protéique signifierait que cet acide aminé est utile à la protéine. S'appuyant sur cette théorie, Claire de March et son équipe sélectionnent tous les acides aminés les plus fréquemment présents dans les récepteurs olfactifs pour recréer des récepteurs olfactifs « consensus », inexistant dans le nez humain, mais comparables à des récepteurs ancestraux à

### ANATOMIE DU SYSTÈME OLFACTIF HUMAIN



partir desquels tous les autres récepteurs auraient évolué. Résultat : dans la majorité des cas, le récepteur consensus fabriqué s'exprime à de meilleurs niveaux que les récepteurs olfactifs humains natifs. « Ces récepteurs ancestraux ont subi des mutations au fil des années pour avoir la capacité de sentir davantage de molécules, mais ont également perdu en efficacité. Cela peut expliquer que ces récepteurs ancestraux s'expriment mieux que les autres », ajoute la chercheuse.

Au-delà de débloquent une problématique majeure dans la recherche sur l'olfaction, cette étude permet aussi à Claire de March et ses collaborateurs d'identifier le récepteur olfactif humain OR51E2. Ce récepteur, existant dans le nez humain, est très bien conservé dans l'évolution et est donc l'un des récepteurs natifs qui s'exprime le mieux. L'étude de sa structure aboutit, en 2023, à la première structure expérimentale d'un récepteur olfactif humain de l'histoire. Une prouesse obtenue par la chercheuse et ses collaborateurs et collaboratrices de l'Université de Californie (UCSF) grâce à la microscopie cryo-électronique, qui recrée une image en trois dimensions à partir de centaines de milliers de photos d'une structure immobilisée par le froid. Cette découverte vaut d'ailleurs à Claire de March le prix Irène Joliot-Curie de la jeune femme scientifique 2023.

La mise en évidence de cette structure est également le point de départ de multiples recherches et d'applications variées. Le récepteur OR51E2 est en effet exprimé dans le nez mais également dans la prostate et est suspecté de jouer un rôle dans la prolifération des cellules cancéreuses et des métastases lors d'un cancer de la prostate. Une meilleure compréhension de ce récepteur aurait ainsi des enjeux thérapeutiques plus larges que ceux - pourtant déjà très divers - de l'olfaction.

### Comprendre l'impact des virus respiratoires sur l'odorat

En parallèle des études sur la structure fondamentale de l'épithélium olfactif - le tissu responsable de la détection des odeurs dans la cavité nasale -, d'autres équipes de recherche de l'Université Paris-Saclay tentent de mieux comprendre les interactions de cet épithélium avec l'environnement extérieur. C'est le cas de celle de Nicolas Meunier, neurobiologiste dans le laboratoire Virologie et immunologie moléculaires (VIM - Univ. Paris-Saclay/INRAE).

Spécialiste de l'olfaction depuis 2005, Nicolas Meunier oriente dès 2015 ses recherches vers les interactions entre l'environnement et la cavité nasale. En 2017, avec son équipe, il démontre notamment que le microbiote du nez - similaire à celui, plus connu, de l'intestin - influence la détection des odeurs. Les années suivantes, il se consacre à l'étude des interactions de la muqueuse olfactive avec le système immunitaire. « Ce qui m'intéresse le plus, c'est de comprendre comment un virus respiratoire est capable d'infecter la cavité nasale et comment le système immunitaire local répond à cette infection », précise-t-il. Des études d'autant plus pertinentes qu'elles ont lieu quelques

années avant la pandémie de Covid-19, qui prouve à ce moment-là le rôle important que jouent les virus respiratoires dans la perturbation de l'odorat. « Notre équipe a été très réactive au moment de l'apparition du SARS-CoV-2, car nous avions déjà tous les outils pour comprendre ce qu'il se passait », explique le chercheur.

**« Il est troublant de constater que certaines patientes et certains patients soient complètement anosmiques mais retrouvent leur odorat en seulement quelques jours. Cela semble incompatible avec une destruction complète de l'épithélium olfactif, car la régénération ne peut pas être aussi rapide. » — Nicolas Meunier**

Depuis 2020, Nicolas Meunier, qui travaille alors sur le virus de la bronchiolite et de la grippe, recentre ainsi ses recherches sur les mécanismes responsables de la perte d'odorat après une infection par le SARS-CoV-2, soit l'un des symptômes les plus courants du Covid-19. Grâce à ces recherches, il propose que la perte d'odorat observée chez un patient ou une patiente atteinte par le Covid-19 serait liée à une desquamation (destruction) importante de l'épithélium olfactif suite à l'infection virale. En 2022, sa nouvelle étude suggère que cette destruction de l'épithélium olfactif ne serait pas directement liée à l'infection par le SARS-CoV-2, mais plutôt à la réponse immunitaire associée. Les neutrophiles, premières cellules du système immunitaire à réagir aux infections de l'organisme, auraient notamment un rôle majeur dans la déstabilisation de l'épithélium olfactif et donc dans la perte de l'odorat. Pour arriver à de tels résultats, le chercheur se base sur des études comportementales faites chez différents rongeurs - souris et hamster - dont les systèmes olfactifs sont similaires à ceux des êtres humains. Nicolas Meunier appelle cependant à la vigilance : « La transposition de nos résultats chez l'être humain n'est pas directe. Il existe des différences anatomiques entre rongeurs et êtres humains, et même si le modèle hamster reflète bien la physiopathologie d'un Covid peu sévère chez l'être humain, des différences existent sans aucun doute. On ne peut jamais rien affirmer avec certitude. »

Le chercheur tente aujourd'hui d'expliquer les différences entre perte d'odorat à court terme et à long terme, qu'il estime être liées à deux processus bien distincts. « Il est troublant de constater que certaines patientes et certains patients soient complètement anosmiques mais retrouvent leur odorat en seulement quelques jours. Cela semble incompatible avec une destruction complète de l'épithélium olfactif, car la régénération ne peut pas être aussi rapide. » L'une des hypothèses avancées par le chercheur explique cette perte transitoire d'odorat par l'obstruction de la fente olfactive, un espace très fin laissant passer l'air de l'extérieur du nez vers l'épithélium olfactif. Cette obstruction, causée par les débris de cellules issus de la desquamation de l'épithélium par les neutrophiles, impliquerait la perte

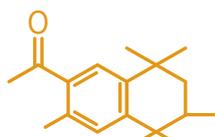
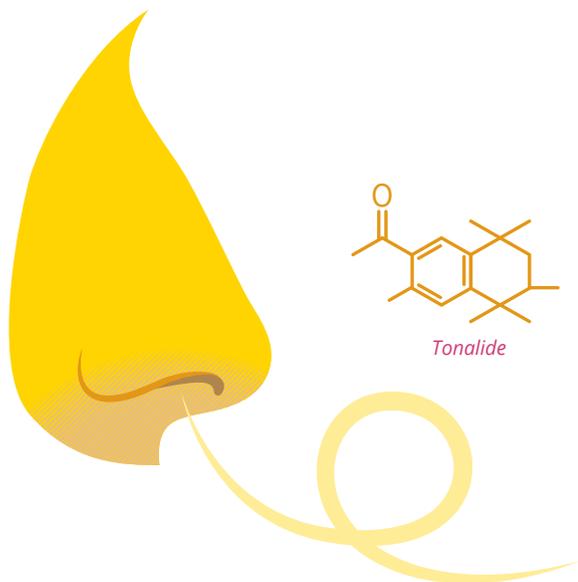
transitoire de l'odorat le temps que ces débris soient éliminés. Si la perte persiste, elle serait alors liée à une destruction plus importante de l'épithélium suite à l'infection virale. Et celui-ci mettrait, en fonction de l'individu, plus ou moins de temps à se régénérer dans un contexte d'inflammation persistante.

D'autres études sont en cours pour mieux comprendre ces pertes d'odorat transitoires - notamment la différence entre plusieurs variants du SARS-CoV-2 - ou encore pour étudier les mécanismes de dissémination du virus via la cavité nasale. Un traitement antiviral pour limiter la transmission de virus par cette voie est également en phase de test sur des modèles animaux. « Il reste énormément de volets à étudier sur les liens entre l'épithélium olfactif et son environnement », ajoute le chercheur. « C'est un domaine qui n'était que très peu exploré avant le Covid-19. Beaucoup de virologues ont commencé à s'intéresser à la cavité nasale et à son fonctionnement pendant la pandémie et le travail restant est immense », annonce-t-il.

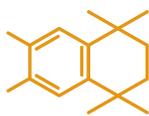
### Recréer des parfums disparus

Nicolas Meunier n'est pas le seul scientifique dont le domaine de recherche se soit développé plus rapidement depuis la pandémie de Covid-19. C'est également le cas d'Olivier David, enseignant-chercheur en chimie organique à l'Institut Lavoisier de Versailles (ILV - Univ. Paris-Saclay/UVSQ/CNRS). Alors qu'il dispense ses enseignements aux apprentis parfumeurs et parfumeuses, cosméticiennes et cosméticiens et aromaticiens et aromaticiens, il note en effet un regain d'intérêt pour la thématique depuis 2020. « Le Covid-19 n'explique peut-être pas tout, mais le nombre d'étudiantes et d'étudiants dans ces disciplines ne fait qu'augmenter et la mixité sociale est plus importante », analyse-t-il.

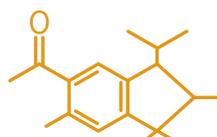
Intégré à l'Institut Lavoisier depuis 2005, Olivier David se spécialise en parfumerie en 2012. « J'ai eu un déclic lorsque j'ai commencé à enseigner aux apprentis en parfumerie. J'ai découvert que ce domaine avait de nombreux défis à relever d'un point de vue de la chimie ! » L'enseignant-chercheur consacre aujourd'hui une grande partie de ses recherches à l'histoire des ingrédients utilisés en parfumerie. En 2020, il publie l'histoire chimique et industrielle des muscs polycycliques, une famille de molécules synthétiques très utilisée en parfumerie. « Le musc est à l'origine un produit animal provenant de la sécrétion d'une glande spéciale. Mais sa récolte entraîne la mort de l'animal et est donc aujourd'hui strictement interdite. Les muscs



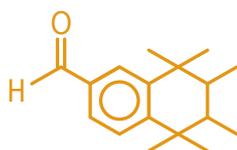
Tonalide



Versalide



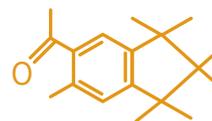
Traseolide



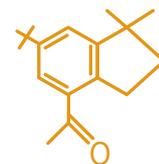
Vulcanolide



Galaxolide



Phantalolide



Celestolide

## STRUCTURES DE SEPT MUSCS POLYCYCLIQUES DE SYNTHÈSE

synthétiques qui remplacent la molécule naturelle font partie des toutes premières découvertes des chimistes dans le monde de la parfumerie. J'ai voulu raconter de quelle manière les scientifiques ont abouti à de telles prouesses au 19<sup>e</sup> siècle et quelles conséquences ces découvertes ont eu dans l'industrie.»

Pour ces études loin des paillasses, Olivier David rassemble et analyse de multiples archives et publications dans le but de reconstituer ces pans méconnus de l'histoire. « C'est un travail d'autant plus difficile que la culture du secret est particulièrement importante en parfumerie. Certains industriels ne publiaient pas leurs formules chimiques ou leurs découvertes. » En 2023, Olivier David publie également l'histoire des grandes avancées dans le domaine de la parfumerie. À ce travail d'historien des sciences s'ajoute celui de chimiste : une fois l'histoire décortiquée, Olivier David s'attelle à reproduire certains muscs disparus grâce aux méthodes de l'époque, afin notamment d'enrichir les collections de l'Osmothèque, un conservatoire de parfums et d'ingrédients de la parfumerie.

« Nos recherches laissent penser que les Néandertaliens avaient une olfaction plus affaiblie que la nôtre. » — Claire de March

Autant attaché au passé qu'au futur, Olivier David cherche enfin à reproduire certaines molécules avec un impact moindre sur l'environnement et sur la santé. Son dernier objectif en date : reconstituer l'odeur du goudron de bouleau, une substance odorante utilisée dès l'Antiquité mais contenant des substances nocives pour la peau, afin de l'utiliser en parfumerie. « En plus de conserver le patrimoine que constituent les odeurs et les parfums, je souhaite fournir de nouveaux ingrédients, plus respectueux, à la parfumerie de demain », résume l'enseignant-chercheur.

### Un sujet de recherche transdisciplinaire

Au-delà de la chimie organique, de la chimie moléculaire et de la neurologie, l'odorat semble être une thématique tournée vers de nombreuses autres disciplines. Olivier David profite par exemple de ses connaissances en histoire de la chimie pour nourrir une collaboration en littérature. « La chercheuse Érika Wicky est spécialisée dans la littérature du 19<sup>e</sup> siècle et s'intéresse à la description de l'odeur des ateliers des peintres. Elle a noté que les peintures noires étaient souvent citées et en a donc conclu que l'odeur était forte et particulière. L'idée de notre collaboration est de reconstituer l'odeur des ateliers des peintres et de mieux comprendre la composition de certaines peintures », explique l'enseignant-chercheur.

Claire de March utilise également ses découvertes en chimie fondamentale pour des applications plus sociétales. Dans une étude récente, réalisée avec le neurobiologiste Noam Sobel, la chercheuse s'intéresse notamment à l'odeur des larmes et aux conséquences liées à leur inhalation. En 2023 également, elle parvient à « ressusciter » les récepteurs olfactifs d'un Dénisovien et d'un Néandertalien, deux des cousins d'*Homo sapiens* disparus il y a 30 000 à 40 000 ans. « L'objectif était de retracer l'histoire évolutive des récepteurs olfactifs du genre *Homo*, afin notamment de déterminer si les trois espèces avaient des perceptions aux odeurs différentes », précise la chercheuse. Les résultats suggèrent que, si les Néandertaliens semblent avoir un grand nombre de récepteurs comparables à ceux d'*Homo sapiens*, la plupart ne sont plus fonctionnels. Les récepteurs olfactifs des Dénisoviens, différents de ceux d'*Homo sapiens*, semblent quant à eux fonctionner de la même façon que les récepteurs olfactifs modernes. « Nos recherches laissent penser que les Néandertaliens avaient une olfaction plus affaiblie que la nôtre, mais que les Dénisoviens étaient plus sensibles aux odeurs sucrées et sulfureuses », précise Claire de March, enthousiaste. « Cette étude fait partie des plus grandes

émotions de ma carrière. Le récepteur que nous avons reconstitué n'avait pas été actif depuis 30 000 ans ! »

Relier de telles recherches, ancrées au niveau atomique, avec des sujets de société a quelque chose de « très stimulant », comme le confie Claire de March. Olivier David confirme : « Un des éléments qui me semble spécifique à la recherche sur l'olfaction est que des chercheurs et chercheuses d'horizons très différents, de la biochimie à la philosophie, puissent échanger ensemble et se comprendre. Parler de sa perception des odeurs est aussi un partage d'émotions. Il y a peu de sujets qui arrivent à créer de tels liens entre disciplines », conclut-il.

### Références

- Billesbølle, C. B., de March, C. A., van der Velden, W. J. C. et al. Structural basis of odorant recognition by a human odorant receptor. *Nature* 615, 742–749 (2023).
- Olivier R. P. David. A Chemical History of Polycyclic Musks. *Chemistry*. 2020 Jun 18;26(34):7537-7555.
- Bourgon, C., Albin, A. S., Ando-Grard, O. et al. Neutrophils play a major role in the destruction of the olfactory epithelium during SARS-CoV-2 infection in hamsters. *Cell. Mol. Life Sci.* 79, 616 (2022).

# Sciences participatives

## Ces projets qui font avancer les sciences grâce aux citoyennes et citoyens

Les sciences participatives sont devenues un outil de choix pour diffuser les connaissances scientifiques et impliquer le grand public dans les travaux de recherche. À l'Université Paris-Saclay aussi, les sciences citoyennes sont en plein essor, comme en témoignent ces quatre projets participatifs portés ou accompagnés par des personnels de recherche de l'université.

### Mots-clés

Volontaires

Conservation

Météorite

Observation

Faire pousser des haricots, partir à la chasse aux météorites, observer les oiseaux se nourrir, ou encore... collecter un échantillon de ses selles. À première vue, il n'existe aucun rapport entre ces activités plus ou moins insolites. Elles ont pourtant un point commun : celui d'être des projets de recherche. Sauf qu'ici, ce ne sont pas des chercheurs ou chercheuses qui réalisent les expériences, mais des citoyennes et citoyens qui se portent volontaires pour donner un coup de pouce aux scientifiques.

Depuis une vingtaine d'années, les sciences participatives (ou citoyennes) connaissent un succès grandissant. Les programmes ne cessent de se multiplier, sous des formes et dans des disciplines variées, pour impliquer le grand public dans les recherches scientifiques. Si certains projets démarrent à peine, d'autres récoltent déjà les fruits de plusieurs années de collaboration citoyenne. Certains se voient même récompensés pour leur démarche, à l'image du projet INCREASE, lauréat en juin dernier du prix européen pour la science citoyenne 2024. À ce jour, plus de 20 000 volontaires ont participé à cette expérience à travers l'Europe. Une belle performance pour le haricot commun, au centre de cette initiative pas comme les autres.

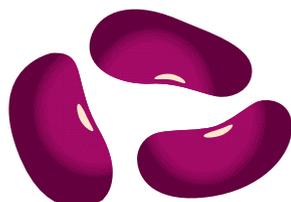
### TYPES DE LÉGUMINEUSES ÉTUDIÉES PAR LE PROJET INCREASE



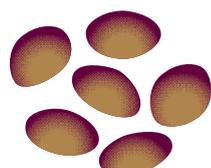
Pois chiche



Lupin



Haricot commun



Lentille

### Décentraliser la conservation du haricot commun

Lancé en mai 2020, le projet INCREASE (*Intelligent Collections of Food-Legume Genetic Resources for European Agrofood Systems*) a « pour objectif de caractériser et conserver les ressources génétiques de quatre légumineuses alimentaires : le lupin, la lentille, le pois chiche et le haricot commun », explique Maud Tenaillon, directrice de recherche au laboratoire Génétique quantitative et évolution (GQE – Univ. Paris-Saclay/INRAE/CNRS/AgroParis-Tech) et relais français du projet porté par une équipe de l'*Università Politecnica delle Marche* en Italie. « Nous pensons que ces légumineuses ont un rôle très important à jouer dans la transition agroécologique. Alors que la consommation de viande est en diminution à l'échelle européenne, il y a une vraie demande pour manger plus de légumineuses qui sont riches en protéines. »

Si ces plantes montrent une grande diversité, le nombre de variétés cultivées est aujourd'hui bien moindre qu'autrefois. Cette diversité est heureusement conservée dans des banques de gènes qui ont pour mission de répertorier les variétés et de les caractériser. « Le problème est que chacune le fait à sa manière et qu'il est difficile de savoir ce qu'il y a exactement à tel endroit. » C'est de ce constat qu'est né le projet INCREASE : « L'idée est de tout mettre à plat afin d'améliorer la connaissance et la conservation des quatre légumineuses cibles. »

Avec le haricot commun, l'équipe adopte toutefois une approche inédite. Plutôt que de laisser les graines à quelques endroits entre les mains de professionnels, elle lance une expérience participative pour « décentraliser » la conservation. « Nous avons pensé : pourquoi les citoyennes et citoyens ne pourraient-ils pas se réapproprier cette diversité et être actrices et acteurs de la conservation des ressources génétiques ? », précise Maud Tenaillon. Démarrée en 2021, l'expérience consiste à demander à des volontaires de faire pousser des haricots à domicile pour étudier les variétés dans différents environnements.

Pour prendre part au projet, nul besoin d'être un ou une experte des plantes. « Tout le monde peut participer, il suffit d'avoir un bout de terre sur un balcon, dans un jardin ou

un champ. » Après inscription, les volontaires reçoivent un paquet de cinq variétés de graines – plus une variété contrôle - sélectionnées parmi le millier de variétés de haricots retenues pour l'expérience. « 70 % des variétés proviennent d'Europe. 75 % sont grimpantes et 25 % sont naines », détaille la chercheuse du laboratoire GQE. De quoi « montrer qu'un haricot n'est pas forcément un haricot blanc de quelques centimètres ».

Vient alors le moment crucial : celui de semer les légumineuses et de démarrer les observations. Date d'émergence, forme de la feuille, couleur des gousses, aspect des graines... Les plants sont scrutés de la tête au pied. « Nous avons essayé d'établir un protocole précis en fournissant des échelles de couleur, des grilles de mesure, etc. Pour simplifier la démarche, nous demandons de prendre des photos qui sont ensuite analysées par une intelligence artificielle capable de mesurer automatiquement les caractères des feuilles, des graines, etc. » Toutes les données et photos sont envoyées par les volontaires via l'application mobile INCREASE CSA développée pour l'expérience.

Après quatre campagnes - organisées chaque année de mi-novembre à fin février -, l'équipe dispose déjà de milliers de données. Mais il faudra attendre avant que celles-ci ne livrent de premiers résultats. « La gestion du projet, notamment l'envoi des graines, demande beaucoup de travail », confie Maud Tenaillon. Rien qu'en 2023, on compte plus de 8 000 sacs de graines envoyés par l'équipe italienne. « Quand les données arrivent, il faut aussi les nettoyer ce qui prend un temps considérable. » Ceci n'empêche pas les chercheurs et chercheuses d'espérer prolonger l'expérience au-delà des cinq années initialement prévues. En plus de scruter leurs haricots, les volontaires sont désormais invités à se partager des conseils, des vidéos, des recettes de cuisine voire de s'échanger des graines. À condition de respecter les consignes fournies par l'application. « Les graines, ça ne s'échange pas n'importe comment ! », prévient Maud Tenaillon. C'est aussi ça l'objectif d'INCREASE : « Faire prendre conscience aux citoyennes et citoyens que les graines sont un patrimoine important et précieux. »

## MÉTÉORES ET MÉTÉORITES

### 1. COMÈTE

Corps solide composé de glace et de poussière qui laisse parfois derrière lui une traînée lumineuse appelée queue.

### 2. ASTÉROÏDE

Petit corps céleste composé de roches, de métaux et de glace pouvant mesurer d'un mètre à plusieurs centaines de kilomètres.

### 3. MÉTÉOROÏDE

Débris d'astéroïde ou de comète. De quelques microns à 1 mètre.

### 4. MÉTÉORE

Phénomène lumineux provoqué par l'entrée dans l'atmosphère d'un météoroïde. Les météores de faible intensité sont connus sous le nom d'étoiles filantes.

### 5. BOLIDE

Météore plus brillant que la planète Vénus.

### 6. MÉTÉORITE

Fragment de météoroïde qui a survécu à son passage dans l'atmosphère et qui est tombé sur le sol terrestre.



## Les yeux vers le ciel, à l'affût des météores

Le 26 juillet dernier, un météore presque aussi lumineux que la pleine Lune a embrasé le ciel de l'Est de la France. Survenu à deux heures du matin, durant cinq secondes à peine, le phénomène aurait très bien pu passer inaperçu. Il n'a pourtant pas échappé aux caméras de FRIPON, ni aux témoins de Vigie-ciel. Grâce à ces observations, peu de temps après, on savait déjà tout de ce météoroïde : son origine, sa vitesse, sa trajectoire... Preuve que les haricots ne sont pas les seuls à bénéficier des sciences participatives. Les programmes FRIPON et Vigie-ciel, portés par le Muséum national d'histoire naturelle (MNHN), l'Observatoire de Paris et l'Université Paris-Saclay, en sont un autre exemple.

C'est en 2014 que FRIPON (*Fireball Recovery and Inter Planetary Observation Network*) voit le jour, suite à deux événements survenus quelques années plus tôt : la chute d'une météorite dans la ville de Draveil (Essonne) et le passage d'une grosse étoile filante en Bretagne. « À l'époque, nous avons reçu beaucoup de témoignages mais nous étions dans l'incapacité de répondre à qui que ce soit », se souvient Sylvain Bouley, planétologue rattaché au laboratoire Géosciences Paris-Saclay (GEOPS – Univ. Paris-Saclay/CNRS). « En voyant l'engouement, nous avons décidé de créer un réseau de caméras capable de surveiller le ciel 24 heures sur 24 et de détecter les chutes de météorites. »

Pour ne pas oublier les témoins humains prêts à raconter leur expérience, un second programme se dessine, Vigie-ciel. « C'est l'aspect participatif de FRIPON », précise l'enseignant-chercheur, co-fondateur des deux programmes. « Vigie-Ciel offre la possibilité aux témoins de remplir un formulaire pour raconter ce qu'elles et ils ont vu », à travers une douzaine de questions élaborées en partenariat avec l'*American Meteor Society*. « Ces rapports nous donnent rapidement une idée de l'intensité du phénomène : lorsque l'on a deux cents témoignages, on sait qu'il s'est vraiment passé quelque chose. C'est une alerte rapide pour aller voir les données des caméras. »

Les performances de FRIPON et de Vigie-ciel témoignent de leur efficacité. Depuis 2018, les deux cents caméras,

installées sur des laboratoires, des planétariums ou des observatoires amateurs en France et dans d'autres pays, ont repéré plus de 10 000 bolides – de grosses étoiles filantes. Quant à Vigie-ciel, il totalise près de 13 000 rapports pour environ 4 000 événements observés. Ce dernier programme n'incite pas seulement des volontaires à scruter le ciel. Il les entraîne aussi dans des chasses aux météorites. « C'est le deuxième volet de Vigie-ciel : nous avons des coordinateurs régionaux qui proposent des formations et organisent des battues quand une chute de météorites est suspectée », confirme Sylvain Bouley. « Depuis 2018, il y a toujours eu une à deux chutes par an pour lesquelles nous avons organisé des battues. Mais on s'est vite rendu compte que chercher des météorites en France n'est pas simple. » Ce n'est d'ailleurs qu'en 2023 que le projet connaît ses premières victoires.

Cette année-là, en février, un astéroïde est repéré sept heures avant son entrée dans l'atmosphère. L'alerte donnée, le réseau FRIPON et la communauté Vigie-ciel sont mobilisés. « Le lendemain, on sait que quelque chose est tombé en Normandie. Le surlendemain, on est sur le terrain et en deux jours, la météorite est retrouvée », retrace le planétologue. « C'est le plus bel exemple de sciences participatives parce que ça n'aurait pas été possible sans tous les amateurs et amatrices qui ont filmé l'entrée de l'astéroïde, et sans tous les habitantes et habitants venus chercher la météorite avec nous. C'est une étudiante de 18 ans qui l'a trouvée dans un champ. On aurait pu totalement passer à côté. »

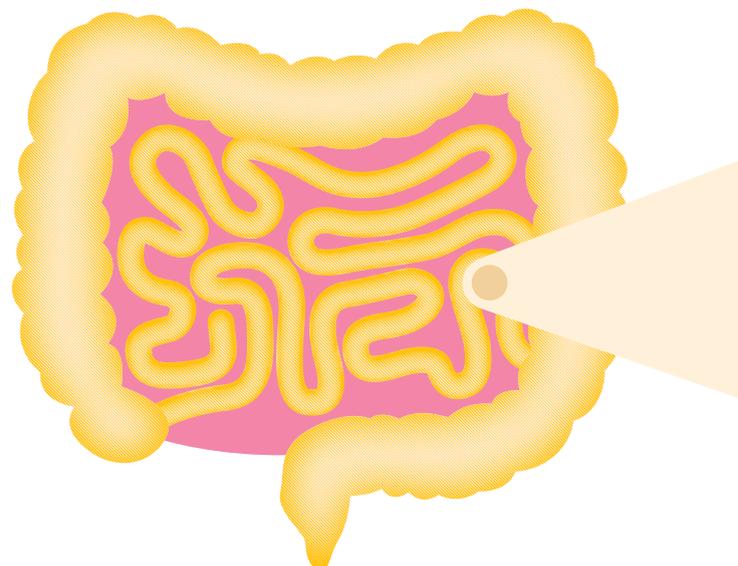
Une seconde victoire survient en septembre après l'observation d'un autre bolide dans le ciel. Les astronomes soupçonnent une chute en Sologne mais dans des forêts privées, difficiles d'accès pour une battue. Et puis surprise : une habitante contacte un relais FRIPON/Vigie-ciel. L'objet a atterri chez elle, en cassant sa table de jardin. « La caméra de surveillance a même enregistré le bruit de la chute sur la table ! C'est une autre belle histoire de sciences participatives parce que cela nous a permis d'informer cette habitante sur le phénomène et d'acquérir la météorite. »

## Les secrets du microbiote bientôt éclairés par des dons de selles ?

Le domaine de la santé n'échappe pas à l'essor des recherches participatives. Tandis que des citoyennes et citoyens surveillent les cailloux cosmiques, d'autres ouvrent aux scientifiques une fenêtre inédite sur les milliards de micro-organismes qui peuplent les intestins humains. Le French Gut - le microbiote français, c'est le nom de l'initiative lancée par l'unité MetaGenoPolis (MGP – Univ. Paris-Saclay/INRAE), en collaboration avec l'AP-HP, pour accélérer la recherche sur le microbiote intestinal. Elle vise à recruter d'ici 2027 pas moins de 100 000 personnes acceptant de faire don d'un échantillon de leurs selles. « Nous recherchons des individus de tout âge, partout en France, en bonne santé ou non », précise Anne-Sophie Alvarez, responsable communication du projet.

Le French Gut s'inscrit dans une vaste initiative internationale, le *Million Microbiome of Humans Project* (MMHP), qui ambitionne de constituer la plus grande base de données mondiale de microbiotes humains, avec un million d'échantillons provenant aussi bien des intestins que de la peau ou la bouche. « Cela fait quarante ans que je travaille sur le microbiote intestinal et j'ai vu le domaine évoluer considérablement », témoigne Joël Doré, directeur scientifique de MetaGenoPolis et du projet Le French Gut, et chercheur au sein de l'Institut Micalis (Univ. Paris-Saclay/INRAE/AgroParisTech). « Nous sommes passés d'études menées sur quelques dizaines de sujets à des études sur quelques centaines puis quelques milliers d'individus. Mais nous constatons que ça ne suffit pas. Il faut vraiment un très grand nombre de personnes pour parvenir à caractériser le microbiote de la population humaine et identifier ses spécificités dans la santé ou la maladie. »

Caractériser le microbiote, autrement dit mieux comprendre sa composition, c'est l'un des axes de recherche de l'initiative. On sait aujourd'hui que la composition du microbiote intestinal est très variable d'un individu à l'autre. Des recherches ont également établi des liens entre le microbiote et certaines maladies chroniques telles que le diabète, l'obésité, le cancer ou encore les maladies inflammatoires de l'intestin. Mais qu'est-ce que réellement un microbiote en bonne santé ? « Nous voulons



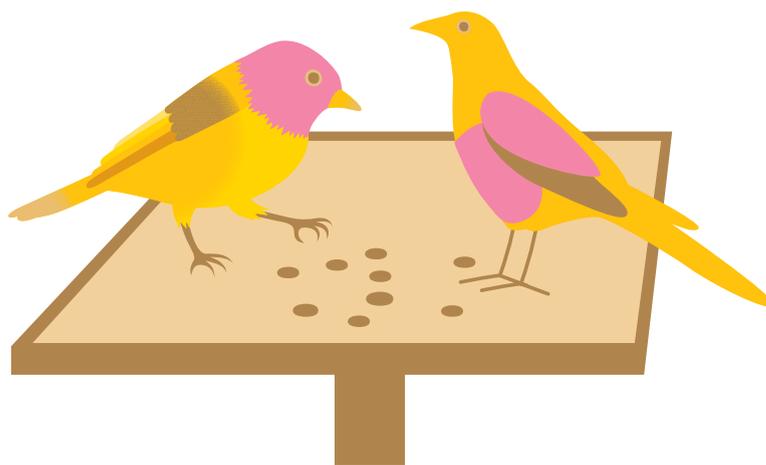
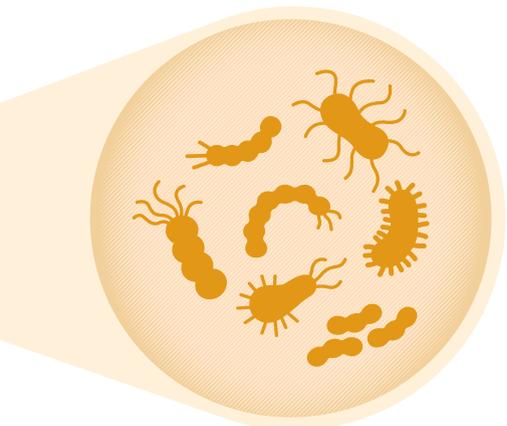
construire, pour la population française, une référence des microbiotes associés aux personnes en bonne santé et aux personnes malades», précise le chercheur. « Nous espérons aussi mieux comprendre l'influence que peuvent avoir les habitudes alimentaires, les modes de vie et l'exposition à certains facteurs environnementaux sur le microbiote. Enfin, nous voulons aller plus loin dans les recherches sur les liens entre le microbiote et les maladies chroniques les plus fréquentes. »

Après une phase pilote lancée en 2022, Le French Gut passe à la vitesse supérieure avec l'objectif des 100 000 dons. Pour intégrer la cohorte, les volontaires doivent s'inscrire en ligne sur le site du projet et remplir un questionnaire d'une vingtaine de minutes sur leur état de santé, leur alimentation, etc. « Ces données sont très importantes parce qu'elles seront croisées avec celles de leur microbiote », précise Anne-Sophie Alvarez. Suite à cela, un kit leur est envoyé à domicile pour réaliser la collecte de selles, expédiée ensuite par courrier postal. « C'est un simple écouvillon, on n'a vraiment pas besoin de grand-chose. »

Tous les prélèvements sont ensuite vérifiés et anonymisés avant d'être envoyés pour analyse à MetaGenoPolis. À partir des échantillons, « nous réalisons une extraction puis un séquençage de l'ADN pour déterminer les génomes microbiens présents », détaille Joël Doré. « Nous avons beaucoup travaillé sur la logistique de collecte parce que l'objectif de 100 000 échantillons est très important. » Les perspectives du projet le sont tout autant. « Le plus fort potentiel imaginable est la prédictivité des maladies. Grâce aux données de santé auxquelles nous avons accès, nous allons avoir un suivi des individus pendant au moins vingt ans. Si certains développent des maladies, nous pourrions revenir sur les échantillons et tenter d'identifier des signatures prédictives dans le microbiote. »

Collecter un échantillon de ses selles, l'expérience peut sembler rebutante. Et pourtant, Le French Gut n'a eu aucun mal à recruter les 3 000 volontaires de la phase pilote, réunis en une semaine à peine. « L'engagement sociétal nous a un peu surpris », avoue Joël Doré. Mais « le grand public est de plus en plus à l'écoute sur le domaine du microbiote », assure Anne-Sophie Alvarez. Les échantillons de cette phase pilote sont en cours d'analyse.

## MICROBIOTE DANS L'INTESTIN



### Un serious game pour mimer les oiseaux aux mangeoires

Jouer pour faire avancer la recherche. Cette autre forme de sciences participatives fait ses preuves avec le projet BirdLab, lancé en 2014 par Carmen Bessa-Gomes et François Chiron, enseignants-chercheurs au laboratoire Écologie, systématique et évolution (ESE – Univ. Paris-Saclay/CNRS/AgroParisTech), en collaboration avec Vigie-nature et le Muséum national d'histoire naturelle (MNHN). Avec cette initiative, les citoyennes et citoyens sont invités à témoigner des comportements des oiseaux aux mangeoires en hiver grâce à un *serious game* - un jeu disponible sur l'application mobile BirdLab.

Pour participer, inutile là-encore d'être un ou une experte en ornithologie, ni même de connaître les vingt-neuf espèces présentes dans le jeu, sélectionnées parmi les espèces les plus fréquentes. Les volontaires doivent simplement se placer devant deux mangeoires identiques installées dans un jardin, sur un balcon ou dans un lieu public, et remplies de graines ou de boules de graisse, puis observer les oiseaux qui s'y posent. Une fois le jeu lancé, « chaque partie dure cinq minutes durant lesquelles les joueurs et joueuses reproduisent en temps réel les mouvements des oiseaux, en sélectionnant les espèces présentes et en les déplaçant sur les mangeoires », précise François Chiron.

Cette activité, ludique pour les volontaires, est surtout très instructive pour les écologues. « L'objectif est d'étudier la dynamique de recrutement des espèces aux mangeoires et les interactions entre elles. » Certaines espèces sont-elles évitées par d'autres car plus compétitrices ? À l'inverse, certaines facilitent-elles l'arrivée d'autres oiseaux plus suiveurs voire charardeurs ? Et existe-t-il ces mêmes comportements entre individus d'une même espèce ? Telles sont les questions auxquelles l'équipe BirdLab entend répondre à l'aide des données récoltées. « Nous cherchons aussi à comprendre comment ces comportements d'agrégation ou d'évitement varient en fonction de l'environnement, des conditions météo, du paysage, etc. », ajoute François Chiron.

Durant les campagnes d'observation qui se tiennent chaque année de mi-novembre à mi-mars, chaque « birdlabeur » et « birdlabeuse » réalise autant de parties que souhaité. Dix ans après le lancement du jeu, on dénombre ainsi près de cent mille parties, pour quelques millions

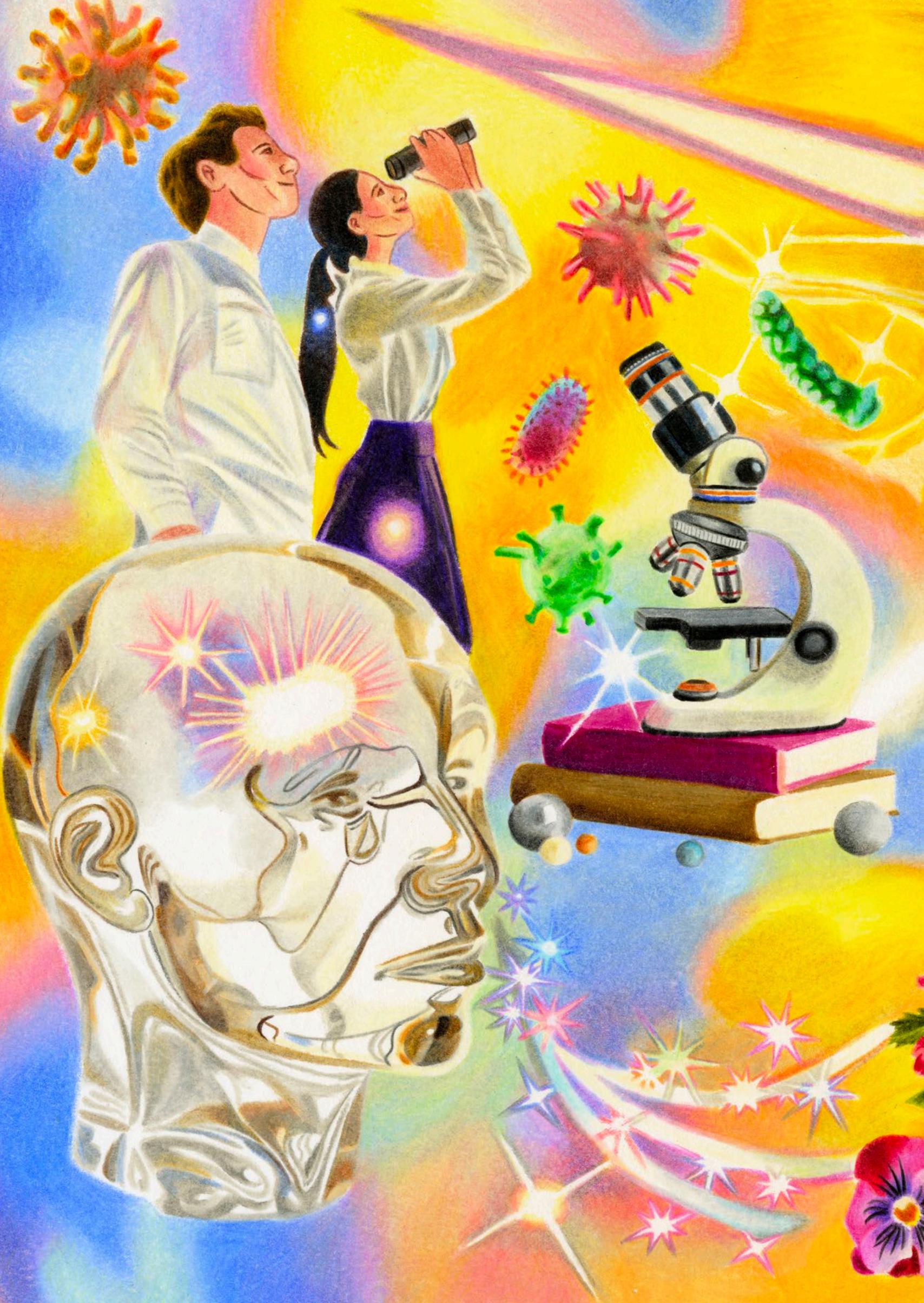
d'interactions observées entre les oiseaux. Grâce à ce projet, « nous obtenons bien plus de données qu'avec une étude classique basée sur des observations de scientifiques ». Mais l'aspect participatif ne s'arrête pas là. « En écologie, les questions qu'on se pose partent des observations. Il est donc très important pour nous de faire évoluer l'expérience en fonction des observations concrètes des joueurs et des joueuses, et de leurs interrogations », relève François Chiron.

C'est de cette façon, par exemple, que la perruche à collier a fait son entrée parmi les espèces de BirdLab. « Les gens s'inquiétaient de sa présence aux mangeoires, en région parisienne notamment, et se demandaient s'il fallait lui en interdire l'accès. » Cette interrogation et les données collectées avec le jeu conduisent en 2020 à de premiers résultats sur le sujet. Verdict : bien que perçue comme envahissante, la perruche ne serait pas plus compétitive à la mangeoire que d'autres espèces de même gabarit qu'elle, comme la tourterelle turque ou la pie bavarde. Si ces résultats bousculent les croyances, les données fournies par BirdLab confirment certains traits comportementaux déjà bien connus chez d'autres oiseaux tels que le caractère solitaire du rouge-gorge ou les penchants agressifs de la mésange bleue.

Qu'il s'agisse de haricots, de météores ou d'oiseaux, maintenir de tels projets sur le long terme n'est pas chose aisée, en particulier lorsqu'ils font appel à des outils tels qu'une application mobile ou des caméras qui requièrent de la maintenance technique. « C'est la principale difficulté que nous avons rencontrée », appuie François Chiron. S'ajoute à cela la nécessité d'animer les programmes pour recruter à chaque campagne de nouveaux et nouvelles volontaires. Pour l'écologue, l'enjeu de ces projets va au-delà de rassembler des données : « Ce que je trouve génial, c'est l'impact de notre action sur la conservation de la nature. Avec les sciences participatives, les gens observent, apprennent et développent une certaine empathie envers les oiseaux. Il y a beaucoup d'études qui montrent qu'observer la nature a aussi des bienfaits sur le bien-être et la santé humaine. Je pense qu'on sous-estime les effets positifs indirects liés à ce type de pratiques. »

### Références

— [www.pulsesincrease.eu/fr/experiment](http://www.pulsesincrease.eu/fr/experiment)  
— [www.vigie-ciel.org](http://www.vigie-ciel.org)  
— <https://lefrenchgut.fr/>  
— [www.birdlab.fr](http://www.birdlab.fr)



# Transatlantic Cultures

## Une fenêtre ouverte sur l'histoire culturelle de l'espace transatlantique

Le programme *Transatlantic Cultures* (TRACS) analyse la façon dont les œuvres intellectuelles, littéraires, artistiques ont circulé entre l'Europe, l'Afrique et les Amériques depuis le 18<sup>e</sup> siècle. Afin de disséminer ses réflexions, le programme a conçu une plateforme numérique proposant, en quatre langues, des articles sur des thématiques variées, ouvrant une fenêtre sur l'histoire culturelle de l'espace transatlantique.

Saviez-vous que le premier roman-photo de l'histoire a vu le jour en Italie en 1947 ? Et que le genre a ensuite essaimé vers le reste de l'Europe puis l'Amérique latine, devenant l'un des formats médiatiques les plus populaires de l'époque ? C'est ce que révèle un article de Jan Baetens, professeur d'études littéraires et culturelles à l'Université de Leuven en Belgique, publié sur la plateforme *Transatlantic Cultures*.

L'exemple du roman-photo peut prêter à sourire. Il livre pourtant un remarquable exemple du programme *Transatlantic Cultures* (TRACS) lancé en 2015 par le Centre d'histoire culturelle des sociétés contemporaines (CHCSC - Univ. Paris-Saclay/UVSQ), en collaboration avec l'Institut des hautes études de l'Amérique latine (IHEAL) de l'Université Sorbonne Nouvelle et l'Université de São Paulo au Brésil. Ce projet de recherche entend analyser la façon dont les œuvres intellectuelles, littéraires, artistiques ont circulé entre l'Europe, l'Afrique et les Amériques de la fin du 18<sup>e</sup> siècle à nos jours, et comprendre leur contribution dans le processus plus général de globalisation dans ses dimensions économiques, sociales et politiques.



Le roman-photo italien « Amarti e dirti addio », Grand Hôtel, 1950 (no. 228, p. 5). Source : Collection privée

### Labellisé « projet de recherche international »

Près de neuf ans après son lancement, TRACS, qui réunit une équipe internationale et transdisciplinaire, est toujours bel et bien actif, se réjouit Anaïs Fléchet, enseignante-chercheuse au CHCSC et porteuse du projet. « Notre projet

a été labellisé "International research project" (projet de recherche international) par le CNRS pour la période 2024-2028. Cela s'inscrit directement dans les partenariats internationaux qu'on avait déjà établis, notamment avec l'Université de São Paulo. » En septembre dernier, le CNRS a en effet lancé avec l'université brésilienne un nouveau laboratoire international de recherche. « Nous sommes le premier projet en sciences humaines et sociales labellisé à intégrer ce laboratoire », précise Anaïs Fléchet. « Cette nouvelle étape va nous permettre de continuer de mener des travaux de recherche sur nos thématiques mais aussi de poursuivre notre projet de dissémination de savoirs », poursuit l'enseignante-chercheuse.

C'est ici que la plateforme numérique de TRACS, mise en ligne en 2021, entre en jeu. Aujourd'hui, elle réunit quelque 140 articles écrits par plus de quarante chercheuses et chercheurs répartis sur les trois continents et spécialisés dans diverses disciplines. « Nous abordons des thématiques très variées, qui vont des arts de la scène à la littérature en passant par le sport et la diplomatie culturelle. Nous avons aussi des collections consacrées à d'autres programmes de recherche comme le projet *Américanisation par les arts*. » Soutenu par la MSH Paris-Saclay et l'Université de Princeton, ce programme interroge plus spécifiquement les processus d'appropriations artistiques entre les États-Unis et la France depuis la fin du 19<sup>e</sup> siècle. Sur la plateforme, la collection propose ainsi de s'intéresser au jazz, à la photographie américaine ou encore aux films de Jacques Tati.

### Une plateforme en quatre langues

« Le fonctionnement de notre plateforme s'apparente à celui d'une revue : les thématiques sont coordonnées par un ou deux membres de notre comité éditorial qui servent de contacts et de relais pour les auteurs et autrices. Les articles sont ensuite révisés, édités. Il y a aussi un effort très important de traduction », détaille Anaïs Fléchet. La plateforme est proposée en quatre langues – français, anglais, espagnol, portugais. La majorité des articles sont pour l'heure disponibles dans la langue originale de leur auteur ou autrice et dans une version traduite en anglais. « Nous avons des indicateurs qui disent que les articles sont lus dans différentes parties du monde et pas qu'en Europe. Donc nous voulons rendre les articles accessibles au plus grand nombre. D'autant plus que nos lecteurs et lectrices ne font pas tous et toutes partie du monde académique. »

La preuve en est avec l'article le plus lu de la plateforme : un essai consacré au footballeur brésilien Pelé et rédigé par Clément Astruc, chercheur à l'IHEAL de l'Université Sorbonne Nouvelle, qui a vu ses consultations grimper après la mort du sportif en décembre 2022. « Notre objectif n'est pas de coller à l'actualité mais de traiter des questions qui ont encore une importance culturelle aujourd'hui. Cet article en est un très bon exemple », assure l'enseignante-chercheuse. « Dans notre projet, il y a une dimension d'histoire publique. Nos travaux entendent montrer que ces échanges culturels ont façonné l'espace atlantique et répondent aussi à des questionnements actuels. À travers le site, nous essayons de proposer une forme de déconstruction en croisant le plus possible les points de vue et en revenant sur les grandes thématiques qui traversent notre société contemporaine. »

### Une nouvelle saison de séminaires pour 2024-2025

La plateforme fait écho au programme de séminaires organisés tous les ans dans le cadre de TRACS. Au cours de l'année 2023-2024, huit séminaires se sont tenus à l'Institut national d'histoire de l'art (INHA) à Paris, avec des sujets aussi divers que les romans et polars, les créations radiophoniques ou les cultures autochtones dans les politiques muséales. « C'est l'un des signes de réussite du projet. Nous parvenons maintenant à attirer de plus en plus de chercheurs et de chercheuses, tant pour intervenir dans les séminaires que pour rédiger des articles à destination de notre plateforme », relève Anaïs Fléchet.

Et l'équipe TRACS entend bien poursuivre sur sa lancée. Le comité éditorial s'est réuni cet été à São Paulo et la saison de séminaires 2024 – 2025 a démarré début octobre. Parallèlement, « nous travaillons aussi à enrichir la plateforme avec de nouveaux outils tels qu'une frise chronologique interactive et un mur de médias. Une nouvelle version devrait être mise en ligne à l'automne prochain. »

<https://transatlantic-cultures.org/>

*Transatlantic cultures : un Atlantique d'échanges culturels, L'Édition 15, février 2021*

# Mobilité internationale étudiante

## Partir à l'étranger pendant ses études de médecine, c'est possible

Le 7 novembre prochain, la Faculté de médecine de l'Université Paris-Saclay organise sa Journée mobilité internationale étudiante (JMIE), un événement annuel destiné à présenter les opportunités de mobilité qui s'offrent à ses étudiantes et étudiants. C'est aussi l'occasion pour celles et ceux partis au cours de l'année précédente de partager leur expérience.



© Jane Brégier-John

Chaque année, à l'automne, la Faculté de médecine de l'Université Paris-Saclay organise un concours pas comme les autres : un concours de posters. L'objectif ? Inciter ses étudiantes et étudiants partis en mobilité internationale au cours de l'année précédente à partager leur expérience. « On demande à toutes les étudiantes et étudiants sortants de réaliser un poster vivant et illustré dans lequel elles et ils racontent leur mobilité », précise Jane Brégier-John, responsable administrative du pôle Relations internationales et européennes de la faculté. Tous les posters sont exposés à l'occasion de la Journée mobilité internationale étudiante (JMIE) organisée à la faculté au Kremlin-Bicêtre. Durant la soirée liée à cet événement, chacun et chacune doit faire une présentation de cinq minutes de son poster devant un jury de professeurs spécialement constitué à cette occasion. « Des prix sont ensuite attribués au meilleur poster. L'idée est vraiment d'en faire un événement convivial. L'an passé, nous avons ajouté un prix du public aux trois prix déjà existants et ça a eu beaucoup de succès, nous avons eu plus de 2 500 votes ! »

Sur l'année universitaire 2023 – 2024, 37 étudiantes et étudiants de la Faculté de médecine se sont lancés dans l'aventure de la mobilité internationale. Mais pour se lancer, encore faut-il être bien informés sur les possibilités offertes durant son parcours. C'est tout l'objectif de la JMIE, dont la prochaine édition aura lieu le 7 novembre 2024. Outre la compétition de posters, le programme de l'événement prévoit plusieurs interventions présentant les différents dispositifs existants pour partir en mobilité à l'international. Avec le

schéma des études de médecine et les dernières réformes, « les étudiantes et étudiants ne peuvent pas partir n'importe quand », souligne Jane Brégier-John. « Il n'est possible de partir en mobilité qu'à des périodes bien déterminées du cursus. »

### Des opportunités de stage à l'étranger dès le 2<sup>e</sup> cycle

La première de ces périodes intervient en 3<sup>e</sup> année du Diplôme de formation générale en sciences médicales (DFGSM3) qui correspond au 1<sup>er</sup> cycle du cursus. À ce stade, « il est possible de réaliser une mobilité d'études de deux semestres dans une université partenaire », détaille la responsable. L'an passé, ils sont quatre à avoir sauté le pas, sur les 37 étudiantes et étudiants sortants. La deuxième opportunité intervient en 1<sup>re</sup>, 2<sup>e</sup> ou 3<sup>e</sup> année du Diplôme de formation approfondie en sciences médicales (DFASM) qui correspond au 2<sup>e</sup> cycle du cursus. À cette période, les candidates et candidats peuvent partir faire un stage de six semaines à l'étranger, à différents moments entre janvier et septembre. « À la Faculté de médecine de l'Université Paris-Saclay, nous avons cette grande chance de pouvoir proposer deux campagnes de mobilité de stage par an parce que nous avons un format particulier. Le cursus se fait avec des rotations de six semaines de cours et six semaines de stage, ce qui permet aux étudiantes et étudiants de partir à l'étranger sans devoir attendre la fin des cours, comme dans d'autres facultés où le rythme se fait par demi-journées de stage et de cours », indique Jane Brégier-John. « Grâce à ce format, nous avons quasiment doublé le nombre de sortantes et sortants. Avant 2020, nous étions sur une moyenne de quinze à vingt par an. »

Quant aux destinations possibles, elles sont multiples grâce aux différents accords conclus par l'Université Paris-Saclay. Le programme ERASMUS +, par exemple, ouvre des possibilités d'études et de stage dans plus d'une vingtaine d'universités à travers l'Europe, de l'Espagne à l'Allemagne en passant par l'Italie et le Portugal. À cette liste, s'ajoutent les universités partenaires et membres de l'alliance européenne EUGLOH (European university alliance for global health), telles que l'Université de Lund, en Suède. « Au cours des trois dernières années, nous avons aussi réalisé un important travail de fond au niveau des accords internationaux. En 2020, nous avons très peu de partenaires hors Europe, peut-être deux ou trois. Nous en avons aujourd'hui une vingtaine, dont beaucoup sont anglophones, tels que les universités de Cork et de Dublin, en Irlande. Et nous sommes encore dans une dynamique de développement », intervient la responsable. En outre, il existe depuis les années 2010 un programme d'échange avec des universités américaines via la Mission interuniversitaire de coordination échanges franco-américains (MICEFA). L'an passé, ceci a ouvert à deux étudiantes les portes de l'Albert Einstein College of Medicine de New York. « Les étudiantes et étudiants peuvent aussi trouver leur stage par eux-mêmes. Du moment qu'il s'agit d'un centre hospitalier universitaire, il n'y a aucun problème. Nous sommes là pour les accompagner. »

### Mobilité internationale : mode d'emploi

Quelles que soient la période du cursus et la destination choisie, réaliser une mobilité n'est pas une tâche anodine. « On ne peut vraiment pas s'y prendre la veille pour le lendemain. Il y a au moins quatre à six mois de préparation », prévient Jane Brégier-John. Il faut également respecter les calendriers déterminés. Pour le programme ERASMUS+ notamment, le dépôt des candidatures est ouvert d'octobre à mars. Viennent ensuite la phase de sélection et celle de nomination auprès des universités partenaires. « À partir d'avril, il faut préparer son plan d'études, ce qui demande pas mal de travail. C'est ici que nous aidons beaucoup les étudiantes et étudiants. » Hors ERASMUS+, les démarches sont parfois plus fastidieuses encore. « Certains partenaires ont tellement de demandes que ça peut être long. Il y a aussi d'autres facteurs à prendre en compte comme les aspects de sécurité. Nous faisons donc un gros travail d'accompagnement. »

Pas de quoi décourager pour autant les candidates et candidats. Surtout que le jeu en vaut très souvent la chandelle. En 2023, Lucie Garay, alors étudiante en 2<sup>e</sup> année de DFASM, est partie six semaines à l'hôpital Léonard de Vinci à Montigny-le-Tilleul, en Belgique, pour un stage en soins palliatifs. « C'était une expérience extraordinaire. Pendant ce stage, j'ai rencontré une équipe bienveillante et très à l'écoute des patients. Cette expérience dans cet autre environnement hospitalier m'a beaucoup appris sur le sens du soin », confie-t-elle. « Alors, si vous avez envie de partir en stage à l'étranger, allez-y ! Ça donne des perspectives incroyables », appuie la jeune femme.

<https://www.medecine.universite-paris-saclay.fr/node/176653>

# OMEGA

## Un nouveau centre aquatique pour se jeter à l'eau

**Après deux ans de travaux, le centre aquatique OMEGA a ouvert ses portes sur le plateau de Moulon, à Gif-sur-Yvette. Réalisé sur un terrain de l'Université Paris-Saclay, en concertation avec la commune de Gif sur-Yvette et l'Établissement public d'aménagement Paris-Saclay, ce complexe de plus de 4 000 mètres carrés se veut un vrai moteur de la pratique sportive mais aussi un espace de bien-être ouvert à tous les publics, y compris universitaire.**

Plus de mille mètres carrés de plans d'eau, entre douze et quatorze lignes de nage, un bassin ludique avec jets massants et rivière à courant, une aire de jeux aquatiques... L'inventaire a de quoi donner envie de se jeter à l'eau. Depuis le 1<sup>er</sup> octobre, c'est désormais possible au centre aquatique OMEGA situé sur le plateau de Moulon, à Gif-sur-Yvette. Après deux ans de travaux, le complexe a ouvert ses portes aux visiteurs, dévoilant ses multiples installations dédiées à la nage, à la détente et à la forme.

« L'ouverture d'OMEGA marque un moment fort pour notre ville et pour l'ensemble du quartier de Moulon. Cela fait 22 ans qu'il n'y avait plus d'équipement dédié à la natation à Gif-sur-Yvette », se réjouit Yann Cauchetier, maire de la commune. D'un coût de 22,6 millions d'euros, ce projet d'envergure s'est installé sur un terrain de l'Université Paris-Saclay, en collaboration avec la commune de Gif-sur-Yvette et l'Établissement public d'aménagement (EPA) Paris-Saclay. « Ce projet a été conçu pour répondre aux besoins des habitants et habitants mais aussi pour soutenir la vie du campus universitaire de l'Université Paris-Saclay, en pleine expansion », poursuit l'élu.

### Un bassin ouvert en priorité au public universitaire

↓ Dès l'entrée, le complexe flambant neuf, étendu sur quelque 4 150 mètres carrés, donne le ton. De grandes baies vitrées offrent une vue imprenable sur l'espace aquatique renfermant deux bassins sportifs de 25 mètres et un bassin balnéo-ludique. Le centre OMEGA a été pensé pour être « le plus flexible et polyvalent possible », afin d'accueillir différentes pratiques, explique Cécilia Gross, architecte de l'agence VenhoveenCS impliquée

dans le projet, qui a également co-conçu le Centre aquatique olympique de Saint-Denis.

À chaque bassin, ses pratiques et son public. Le bassin sportif « compétition », situé dans une halle séparée et d'une profondeur de 1,80 mètre, est ouvert en priorité au public universitaire. 13 800 heures de lignes d'eau annuelles sont d'ores et déjà réservées pour les besoins de formation des étudiantes et étudiants de l'Université Paris-Saclay, mais aussi dans le cadre de la vie de campus. Le SUAPS (Service universitaire des activités physiques et sportives) de l'université propose ainsi pas moins de dix-sept créneaux de natation, du lundi au vendredi, pour tous les niveaux.

Le second bassin sportif, situé dans la halle principale et d'une profondeur variable de 1,30 à 1,80 mètre, est lui accessible à tous les nageurs et nageuses, de l'apprentissage de la natation à la nage en ligne, en passant par l'aquasport. Enfin, le bassin balnéo-ludique chauffé à 31°C offre, lui, un espace idéal pour le public familial, de même que pour les baigneurs et baigneuses en quête de détente. À ces équipements, s'ajoutent une pataugeoire pour les plus jeunes et une aire de jeux aquatiques extérieure, intégrée à un solarium végétal, pour l'expérience estivale.

### De la baignade, du bien-être et du fitness

↓ Le centre aquatique OMEGA, ouvert sept jours sur sept, ne promet pas seulement de la baignade à ses visiteurs puisqu'il intègre deux pôles supplémentaires : l'un consacré au bien-être et l'autre à la pratique du fitness.

À deux pas du bassin balnéo-ludique, un parcours emmène les visiteurs vers une succession d'installations pour se détendre et se ressourcer : un hammam, des saunas, des douches sensorielles mais aussi une terrasse zen, une grotte de sel ou encore une cave de glace. Du très chaud au très froid, il y en a pour tous les goûts. Quant à l'espace fitness, il intègre un plateau cardio-training complet, une salle de cours collectifs ou encore une salle de vélo indoor (ou RPM).

Avec ces équipements, « nous voulons multiplier les occasions de faire du sport » au centre aquatique, souligne Guillaume Mortelier, directeur général de la société Récréa, spécialisée dans la réalisation et la gestion d'équipements sportifs et de loisirs. Également ouverts sept jours sur sept, les espaces bien-être et forme sont accessibles moyennant des entrées et des formules d'abonnement spécifiques. Des tarifs réduits s'appliquent aux résidentes et résidents de Gif-sur-Yvette ainsi qu'aux étudiantes et étudiants pour l'espace aquatique.

### De la géothermie pour chauffer le centre aquatique

↓ Outre ses équipements polyvalents, le complexe OMEGA présente quelques particularités de conception. L'une d'entre elles saute rapidement à l'œil des nageurs et nageuses qui s'aventurent dans les bassins. Ici, pas de carrelage comme dans les piscines traditionnelles. Les bassins sont fabriqués en inox pur, un matériau choisi pour sa durabilité, sa résistance et son faible besoin d'entretien, selon les concepteurs et conceptrices du projet. La consommation énergétique du complexe a également fait l'objet d'une attention particulière. Un procédé a été mis en place pour récupérer et réutiliser la chaleur induite par les systèmes de traitement de l'air et des eaux usées provenant des douches, des bassins et des pédiluves. Par ailleurs, le centre aquatique est raccordé au réseau d'échange de chaleur et de froid installé sur le campus urbain de Paris-Saclay. Mis en service en 2019, ce réseau est alimenté par géothermie via des puits creusés dans la nappe souterraine de l'Albien.

À partir de 2026, c'est une nouvelle source qui viendra chauffer les eaux d'OMEGA. Suite à la signature d'une convention de partenariat en avril 2024, le réseau d'échange de chaleur et de froid va intégrer le Synchrotron SOLEIL situé à Saint-Aubin. Le potentiel de chaleur récupérée à partir de l'accélérateur de particules de ce centre de recherche est estimé à près de 6 500 MWh/an, soit l'équivalent de la consommation annuelle du centre aquatique et de plus de mille logements neufs du quartier de Moulon, d'après SOLEIL et l'EPA Paris-Saclay.

<https://omegagif.fr/>

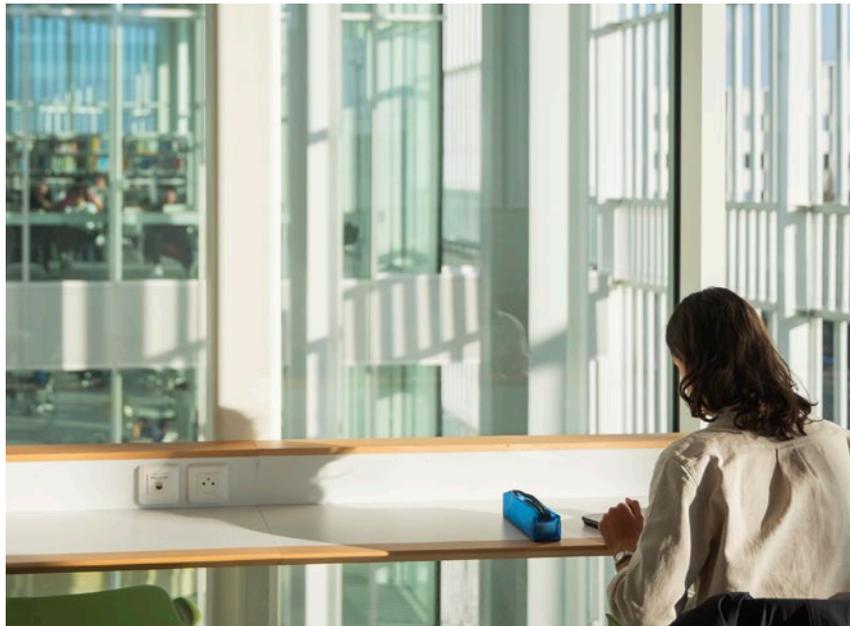


© Emeline Féraud

# Bibliothèques

## Au croisement entre recherche et lieux de vie étudiante

**Le réseau des bibliothèques de l'Université Paris-Saclay se caractérise par sa diversité et sa capacité à toujours se renouveler pour répondre au mieux aux besoins de sa communauté universitaire. En constante évolution, ce réseau s'articule en particulier autour des bibliothèques universitaires et des bibliothèques de recherche, tout en maintenant un lien fort entre ces structures.**



© Christophe Peus

Les bibliothèques sont bien plus en mouvement que leurs rayonnages bien rangés le laisseraient penser. Leurs personnels savent observer et continuellement ajuster le fonctionnement et l'organisation des espaces pour toujours répondre aux nouvelles demandes et aux profils variés des usagers et usagers des lieux. En 2023, plus d'un million d'étudiantes et étudiants, enseignantes et enseignants, chercheurs et chercheuses mais aussi entrepreneurs et entrepreneuses, ont fréquenté le réseau de bibliothèques de l'Université Paris-Saclay.

« Les bibliothèques sont toutes organisées pour tenir compte de la mixité des usages observés et des publics accueillis », explique Émilie Barthet, à la tête de la Direction des bibliothèques et de la science ouverte (DiBISO) de l'Université Paris-Saclay. Regroupant les implantations documentaires et culturelles de l'Université Paris-Saclay, mais aussi de CentraleSupélec et de l'ENS Paris-Saclay, cette direction assure la définition concertée et la mise en œuvre de la politique documentaire et de science ouverte de l'université.

### Les bibliothèques universitaires, premier service de vie étudiante

« L'enquête nationale de l'Observatoire de la vie étudiante en 2023 indique que 85 % des étudiantes et étudiants considèrent les bibliothèques universitaires comme le premier service de vie étudiante », relève Émilie Barthet. À l'Université Paris-Saclay, on dénombre quatre bibliothèques universitaires (BU) : celle d'Orsay sur le campus-vallée, celle de Sceaux sur le

campus de la Faculté Jean Monnet, celle du Kremlin-Bicêtre et le Lumen, sur le plateau de Moulon.

Depuis plusieurs années, la DiBISO déploie des enquêtes et des observations de l'expérience utilisateur, qui débouchent régulièrement sur la mise en place de nouveaux services afin de faciliter les usages multiples au sein des bibliothèques. À la BU Sceaux, cela s'est matérialisé par l'ajout de cinq salles pour travailler ou jouer en groupe. À la BU Kremlin-Bicêtre, une rénovation est en cours pour accroître le nombre de places assises. À la BU Orsay, le hall a été repensé pour accueillir des collections loisirs, des espaces détente et un guichet d'accueil pour les étudiantes et étudiants internationaux.

Autre symbole du renouveau des bibliothèques et véritable lieu de vie au cœur du campus de Gif-sur-Yvette, le Lumen a été conçu pour accueillir des activités et services d'une bibliothèque universitaire mais aussi plus largement des activités et services pour l'enseignement et la recherche, la culture, la médiation scientifique et l'innovation. On y retrouve ainsi par exemple la première matériauthèque accessible à tous.

### Des bibliothèques au service de la recherche

Au sein du réseau des bibliothèques de l'Université Paris-Saclay, les BU et le Lumen ne sont pas les seuls lieux en constante mutation. C'est aussi le cas des bibliothèques de recherche qui offrent aujourd'hui de nouveaux services pour répondre aux besoins de leurs publics.

En offrant des collections d'excellence dans certaines disciplines (comme en mathématiques et en droit), certaines bibliothèques de recherche de l'Université Paris-Saclay ont acquis une notoriété auprès de l'ensemble de la communauté scientifique. Ces bibliothèques offrent des services documentaires et un appui méthodologique qui s'adressent en priorité aux chercheurs et aux chercheuses, mais dont les étudiantes et étudiants en master et les doctorantes et doctorants peuvent aussi bénéficier.

« Le but est avant tout de proposer des services qui seront opportuns, en anticipant les besoins des chercheurs et chercheuses, et des étudiantes et étudiants avancés, dans l'optique de toujours leur être utile et de faciliter leurs activités de recherche », explique Angélique Malec, coordinatrice des bibliothèques associées de l'Université Paris-Saclay et responsable de la bibliothèque de recherche de la Faculté Jean Monnet, à Sceaux. « Nous leur proposons en particulier des services adaptés à leur discipline », tels que la numérisation et la mise en ligne de fonds patrimoniaux et d'archives scientifiques.

### Des « référents recherche » pour accompagner chercheurs et chercheuses

Lenjeu de ces bibliothèques, rattachées à un seul ou plusieurs laboratoires de recherche, est également de maintenir des relations durables avec le personnel de recherche, en établissant un lien direct avec la DiBISO. « J'ai l'habitude de dire que nous sommes "en résidence permanente dans les laboratoires", puisque notre proximité immédiate avec les chercheurs et chercheuses nous aide à garder un ancrage dans la réalité du terrain. Ce rôle d'intermédiaire nous permet de constituer une porte d'entrée, qui saura traduire leurs besoins auprès de la DiBISO », ajoute Angélique Malec.

Le réseau des BU et des bibliothèques de recherche a développé la fonction de « référents recherche », qui sont en charge d'accompagner les chercheurs et chercheuses dans le dépôt de leurs publications sur la plateforme HAL et dans la gestion de leurs données conformément à la politique de science ouverte de l'université.

BU et bibliothèques de recherche offrent également la possibilité aux étudiantes et étudiants de se former à la recherche documentaire et à des ressources électroniques, ou de bénéficier d'une aide méthodologique à la rédaction de leurs travaux de mémoire.



© Christophe Peus

**Numaclay, une bibliothèque numérique recelant des ouvrages d'exception**



Les bibliothèques de recherche conservent parfois des ouvrages d'exception : c'est le cas de celle du centre de recherche Droit et sociétés religieuses (DSR) à Sceaux. En 2009, ce centre a acquis une collection en histoire du droit issue de la bibliothèque du juriste Gabriel Le Bras et contenant un trésor d'une centaine d'ouvrages du 16<sup>e</sup> siècle, parmi lesquels quelques volumes très rares.



Ouvrage patrimonial de la bibliothèque du centre de recherche Droit et sociétés religieuses © Salaheddine Karmous

Le travail mené sur ce fonds patrimonial a conduit en 2016 à la création d'un projet emblématique : la bibliothèque numérique « Yvette », née de la collaboration entre les chercheurs et chercheuses du centre DSR, le personnel de la bibliothèque de recherche et celui de la BU Sceaux. Pas moins de 30 000 pages d'ouvrages, dont ceux acquis par le centre DSR, ont été numérisées durant la première phase du projet. Yvette a depuis été intégrée à la bibliothèque numérique Numaclay, enrichie de plusieurs autres collections. « C'est un très bon exemple de ce que l'on peut faire grâce à un partenariat entre bibliothèque de recherche, chercheurs, chercheuses et bibliothèque universitaire », souligne Angélique Malec, qui a participé au projet. Ce type d'initiative « permet aussi de faire rayonner les centres de recherche par leur fonds documentaire au-delà de leur cercle habituel scientifique ».

Demeurant des lieux de « ressources », les bibliothèques ne se limitent désormais plus aux services documentaires, à la conservation et au prêt d'ouvrages physiques. Elles évoluent pour répondre aux nouveaux usages de leurs publics et rester des lieux de travail et de recherche, mais aussi de détente et de vie étudiante.

<https://www.universite-paris-saclay.fr/bibliotheques-universitaires-bu/>

<https://numaclay.universite-paris-saclay.fr>



# Focus

## La bibliothèque universitaire Orsay

**Fondée en 1962, la bibliothèque universitaire (BU) Orsay se situe au cœur du campus-vallée de l'Université Paris-Saclay. À l'origine, cette bibliothèque était centrée sur les sciences du vivant, en raison de sa proximité géographique avec la Faculté des sciences d'Orsay. Ceci a conduit la Maison de la chimie à faire don d'une partie de ses fonds pour alimenter les collections de cette bibliothèque naissante.**

À l'image du campus de l'université, le rôle de la BU Orsay, qui totalise chaque année quelque 300 000 visiteurs, a largement évolué depuis sa création. Alors que les ressources numériques sont cinquante fois plus consultées que les documents papier, la BU Orsay a élargi sa mission d'information et de médiation scientifique. Claire Lemauff, responsable de la BU, explique : « Nous jouons avant tout un rôle auprès des étudiantes et étudiants de premier cycle, pour lesquels il s'agit souvent du premier contact avec la recherche documentaire. Nous leur venons en aide afin qu'ils apprennent à mieux s'approprier les ressources de la bibliothèque, ses espaces, ainsi que les méthodes de travail. »

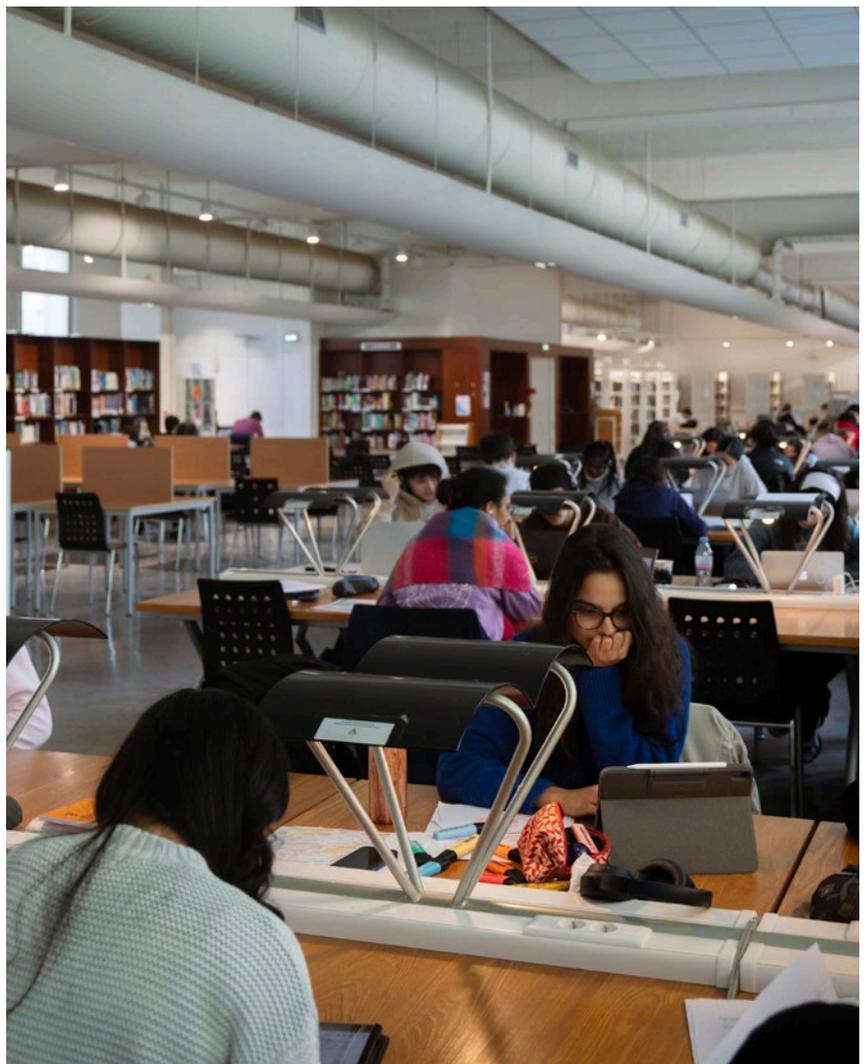
**Des expositions et des prêts de matériel pour diversifier les services**



Dans le même temps, la BU Orsay se diversifie, à l'instar de l'ensemble du réseau des bibliothèques : si elle continue à proposer des ressources documentaires imprimées et numériques, ses espaces

sont de plus en plus investis par des étudiantes et étudiants qui viennent y travailler ou s'y détendre, seuls ou en groupe, sans forcément consulter ou emprunter les ouvrages mis à disposition. « On a pleinement conscience de l'évolution des besoins et de l'usage des bibliothèques par les étudiantes et étudiants », précise Claire Lemauff. « On propose par exemple d'accueillir des expositions, souvent thématiques, émanant d'associations étudiantes. Nous mettons également à disposition des services régulièrement sollicités par la communauté, comme le prêt de casques audio, de modèles atomiques ou anatomiques. L'an dernier, nous avons comptabilisé plus de 3 500 prêts d'ordinateurs. »

En plus d'un accès facilité à des outils de travail spécifiques, la BU a mis en place un espace détente, où les étudiantes et étudiants ont la possibilité de consulter des mangas et des bandes dessinées, afin de renforcer l'attractivité de la bibliothèque et valoriser l'ensemble des dispositifs proposés.



© Christophe Peus

# L'agenda

## Automne 2024 / Hiver 2025

### On y était

#### OCTOBRE

📍 Campus de Versailles à Évry, en passant par Orsay, Bures-sur-Yvette, Gif-sur-Yvette  
🏠 Université Paris-Saclay

4 → 14 octobre



**Évènement**

#### Fête de la science

Comme chaque année, la Fête de la science de l'Université Paris-Saclay a fait le plein de participantes et participants, prêts à partir à la rencontre de la communauté scientifique et à découvrir de manière ludique le monde de la recherche. De la santé de l'océan à l'antibiorésistance, en passant par la supraconductivité et le pouvoir de l'odorat, petits et grands ont pu s'essayer gratuitement à diverses sciences à travers des ateliers, des visites de laboratoire ou encore des jeux scientifiques.

<https://www.universite-paris-saclay.fr/fete-de-la-science-du-4-au-14-octobre-2024-initiez-vous-a-la-recherche/>

📍 Carrousel du Louvre, Paris  
🏠 Cosmetic Valley

16 → 17 octobre



**Innovation**

#### Cosmetic 360

L'Université Paris-Saclay a participé au salon Cosmetic 360, événement international qui met en lumière les dernières avancées technologiques, les tendances émergentes et les innovations dans la filière de la cosmétique-parfumerie. Elle y a tenu un stand pour présenter les recherches menées par des équipes scientifiques de l'université ainsi que les expertises de pointe dans ce domaine au sein de son écosystème.

<https://www.cosmetic-360.com/fr>

### Ne pas manquer

#### NOVEMBRE

📍 Principalement en ligne  
🏠 Université Paris-Saclay

4 → 8 novembre



**Évènement**

#### Open Science Week

Cet événement d'envergure internationale auquel participe chaque année l'Université Paris-Saclay vise à promouvoir les démarches de science ouverte et l'accès aux

résultats de la recherche scientifique. Pour cette année, l'université a concocté un programme, principalement en ligne, de webinaires, tables-rondes et conférences pour mettre en lumière les pratiques et les défis dans diverses disciplines, des sciences humaines et sociales, l'astrophysique, la bio-informatique et l'épidémiologie.

<https://osw2024.sciencesconf.org/>

📍 Scène de recherche, Gif-sur-Yvette  
🏠 Scène de recherche – ENS Paris-Saclay

12 novembre



**Théâtre**

#### L'excentrique, impromptu scientifique

Connaissez-vous le *Trichoplax adhaerens* ? Considéré comme la forme animale multicellulaire la plus simple, cet être étonnant et énigmatique, qui intrigue les biologistes, endosse le rôle principal d'un spectacle insolite qui prend la forme d'une enquête scientifique menée par le comédien Guillaume Mika et le biologiste Andrea Pasini de l'Université Aix-Marseille.

<https://ens-paris-saclay.fr/agenda/lexcentrique-impromptu-scientifique>

📍 Faculté Jean Monnet, Sceaux  
🏠 Institut d'études de droit public (IEDP), Faculté Jean Monnet, Maison des sciences de l'homme (MSH) Paris-Saclay

20 novembre

**Conférence**

#### L'érosion des sols

Cette conférence est la troisième du cycle de cinq conférences organisé par l'Institut d'études de droit public (IEDP) de la Faculté Jean Monnet sur le thème des « Nouveaux champs de recherche en droit de l'environnement » à travers le prisme du sol. En présence d'un géographe fluvialiste et d'une professeure en droit public, elle propose une discussion autour de l'érosion des sols et les actions menées face à ce phénomène.

<https://msh-paris-saclay.fr/nouveaux-champs-de-recherche-en-droit-de-lenvironnement-le-20-novembre-2024/>

📍 Site Henri Moissan, Université Paris-Saclay  
🏠 CMQ EDU, Université Paris-Saclay

28 novembre



**Formation**

#### Kick-off du CMQ EDU

Quelques mois après sa certification officielle, le Campus des métiers et des qualifications d'excellence (CMQE) Énergie durable, porté par l'Université Paris-Saclay, organise une soirée de lancement pour présenter ses objectifs et ses actions afin de répondre aux besoins des entreprises en termes de métiers et de compétences dans la filière de la transition énergétique en Île-de-France.

📍 Lieu 🏠 Hôte

#### JANVIER

📍 Bâtiment Moissan, Gif-sur-Yvette  
🏠 Bpifrance, Pôle universitaire d'innovation (PUI) de l'Université Paris-Saclay

30 janvier



**Innovation**

#### Deeptech Tour

Pour la première fois, le Deeptech Tour, organisé par Bpifrance et l'État, fait étape sur le campus de l'Université Paris-Saclay, porteuse du Pôle universitaire d'innovation de l'Université. Au programme : des témoignages de start-up et de leurs structures d'accompagnement, des rencontres avec des entrepreneurs et entrepreneurs ainsi qu'un village de start-up pour célébrer la dynamique collective régionale, faciliter les échanges et accroître la visibilité des start-up et des dispositifs d'accompagnement de l'écosystème.

#### FÉVRIER

📍 EDF Lab Paris-Saclay, Palaiseau  
🏠 Communauté d'agglomération Paris-Saclay, Le Point, Région Île-de-France, département de l'Essonne, Impulse Partners, Université Paris-Saclay

12 → 13 février



**Festival**

#### Paris-Saclay Summit – Choose Science

Après le succès de sa première édition, le Paris-Saclay Summit est de retour pour deux nouvelles journées destinées à mettre la science au cœur de la société. Plus de cinquante conférences et rencontres-débats avec des scientifiques, dont des experts de l'Université Paris-Saclay, des inventeurs, des citoyens, des politiques, des étudiants et des entrepreneurs, seront au programme de cette deuxième édition qui abordera des thématiques de premier plan telles que la santé, l'énergie, l'intelligence artificielle et la transition écologique.

# À lire

## Automne 2024 The Conversation

### Pourquoi la biodiversité de toutes les îles du monde finit par se ressembler

À l'échelle mondiale, on recense actuellement pas moins de 37 000 espèces non-natives, autrement dit des espèces qui ont, un jour, été déplacées de leur environnement d'origine vers un autre environnement. Les activités humaines sont un vecteur clé de ce phénomène, notamment sur les îles. Mais pourquoi certaines îles abritent-elles plus d'espèces non-natives que d'autres ? C'est ce que tente de comprendre une équipe internationale de chercheurs et chercheuses, dont Céline Bellard et Clara Marino du laboratoire Écologie, systématique et évolution (ESE – Univ. Paris-Saclay/CNRS/AgroParisTech), à travers l'exemple des oiseaux présents sur les îles mondiales.

<https://theconversation.com/pourquoi-la-biodiversite-de-toutes-les-iles-du-monde-finit-par-se-ressembler-236713>

### L'imagerie 3D révolutionne la recherche archéologique sur les textiles « fossilisés »

En archéologie, les textiles constituent de potentielles mines d'information sur des civilisations anciennes qui n'ont laissé que peu de traces. Toutefois ces restes, en plus d'être rares, s'avèrent très fragiles et donc difficiles à étudier. Grâce aux techniques d'imagerie 3D, une nouvelle voie s'est ouverte dans l'analyse des textiles archéologiques. Loïc Bertrand et Clémence lacconi, respectivement directeur de recherche et doctorante au laboratoire Photophysique et photochimie supramoléculaires et macromoléculaires (PPSM – Univ. Paris-Saclay/ENS Paris-Saclay/CNRS), expliquent comment leur équipe de scientifiques est parvenue à révéler les secrets d'un ensemble textile d'une sépulture celte de l'âge du fer.

<https://theconversation.com/limagerie-3d-revolutionne-la-recherche-archeologique-sur-les-textiles-fossilises-234428>

Membres du comité éditorial ayant participé au numéro :

**Chloé Aubisse, Émilie Autin, Julie Bernede, Juliette Berny, Reine Bou Fadel, Aude Brianto-Escande, Julie Dugast, Christine Duvaux-Ponter, Claire Fournon, Annelise Gounon-Pesquet, Gaëlle Giraudier, Alexandre Henry, Laurence Hoffmann, Richard Kruel, Véronique Marracci, Cécile Oriot, Lucie Peinturier, Cécile Pérol, Bertrand Poumellec, Tiina Suomijarvi, Virginie Tallio, Marjorie Tarjon, Nabil Touili**

Directeur de la publication : **Camille Galap**

Directrice de la rédaction : **Karine Wecker**

Rédactrice en chef : **Véronique Meder**

Rédactrice en chef adjointe : **Émeline Férard**

Rédacteurs et rédactrices : **Cindy Augusto Dos Santos, Jeanne Bourdier, Eva Desvigne-Hansch, Antoine Duval, Émeline Férard, Robin Locatelli, Véronique Meder, Nicolas Sebe**

Direction artistique : **Atelier Corbin/Corpus**

Illustration : **Laura Ottone**

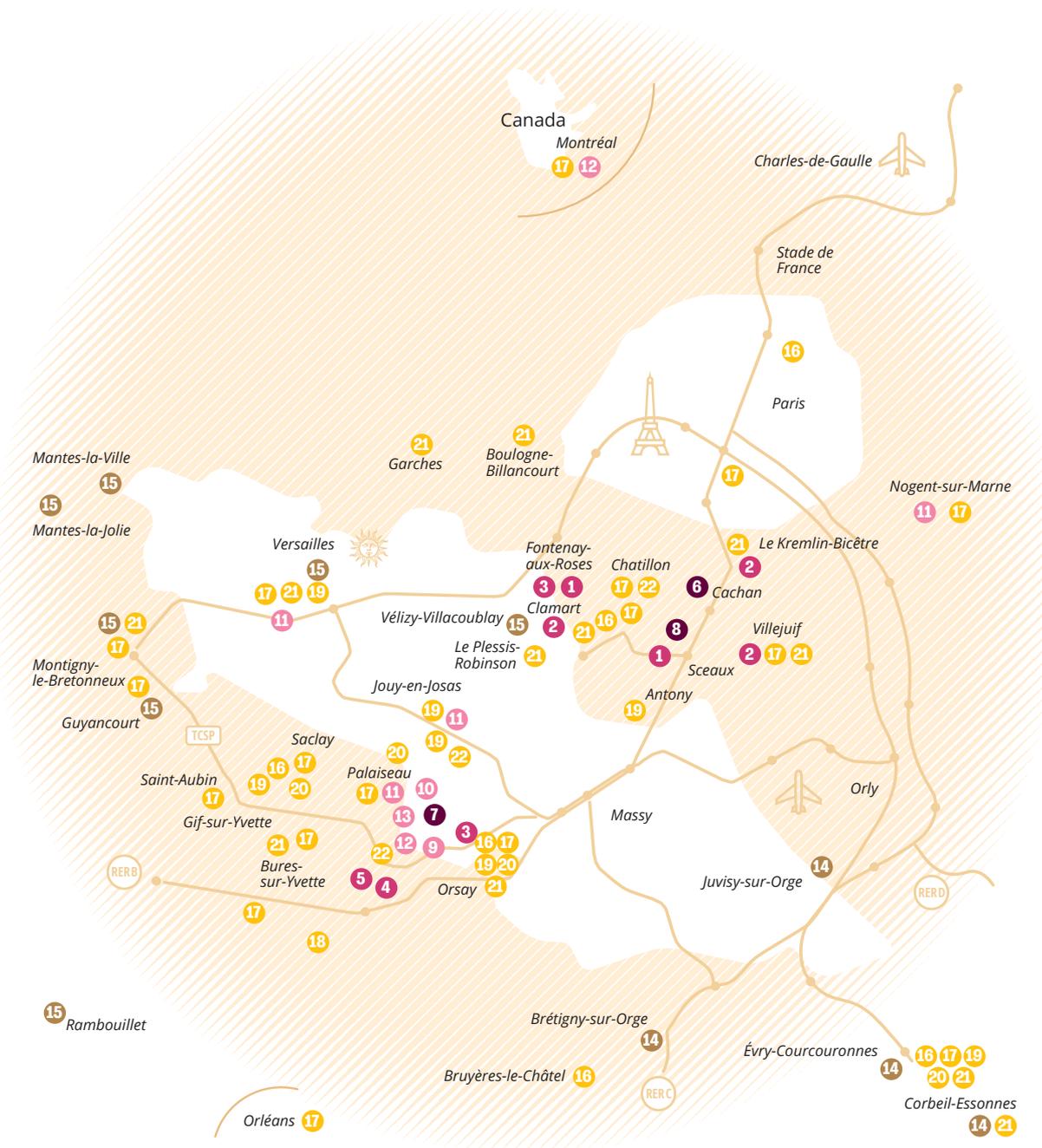
Impression : **Imprimerie Stipa**

ISSN 2679-4845 (imprimé) - ISSN 2777 4007 (en ligne)

Dépôt légal à parution

# La carte du territoire

de l'Université Paris-Saclay



## Facultés

- 1 Faculté Jean Monnet
- 2 Faculté de médecine
- 3 Faculté de pharmacie
- 4 Faculté des sciences d'Orsay
- 5 Faculté des sciences du sport

## IUT

- 6 IUT de Cachan
- 7 IUT d'Orsay
- 8 IUT de Sceaux

## Écoles

- 9 Polytech Paris-Saclay
- 10 Institut d'Optique Graduate School
- 11 AgroParisTech
- 12 CentraleSupélec
- 13 ENS Paris-Saclay

## Universités membres-associées

- 14 Université Évry Paris-Saclay
- 15 UVSQ

## Organismes nationaux de recherche partenaires

- 16 CEA
- 17 CNRS
- 18 IHES
- 19 INRAE
- 20 Inria
- 21 Inserm
- 22 ONERA