



DOSSIER

IMMIGRATION: LES CLÉS POUR COMPRENDRE

MUSIQUE

Le cerveau
aime anticiper

PORTFOLIO

Atlantique : mesurer
les courants marins

NUMÉRIQUE

Wikipédia face
à la menace des IA



APPEL À PROJETS
du 07/09 au 15/11/2026

ENSEMBLE, FAISONS GRANDIR LES INITIATIVES POUR L'EAU !

Vous êtes enseignant, agent du service public, chercheur... et vous êtes engagé dans une structure associative publique ou de l'Économie Sociale et Solidaire ?

Vous portez un projet concret pour sensibiliser aux enjeux de l'eau ?

La CASDEN, banque coopérative de la Fonction publique, s'engage à vos côtés et lance un appel à projets « Eau & Éducation » pour vous donner les moyens d'agir. 12 projets seront récompensés et bénéficieront d'un accompagnement.

Pour en savoir plus et déposer votre candidature*, scannez le QR code ou rendez-vous sur casden.fr⁽¹⁾.



**La banque coopérative
de la Fonction publique**

* Dépôt des dossiers de candidature jusqu'au 15 novembre 2026

(1) Coût de connexion selon votre opérateur.

CASDEN Banque Populaire – Société Anonyme Coopérative de Banque Populaire à capital variable – Siège social : 1 bis rue Jean Wiener 77420 Champs-sur-Marne – Siren n° 784 275 778 – RCS Meaux – Immatriculation ORIAS n°07 027 138 • Crédit photo : ©Gettyimages



EN COUVERTURE

Illustration d'Emmanuel Polanco / Colagene

CNRS le mag

Rédaction

3, rue Michel-Ange – 75794 Paris Cedex 16
01 44 96 40 00 – lejourn@cnrs.fr

Site internet

<https://lejourn.cnr.fr>

Anciens numéros

<https://lejourn.cnr.fr/numeros-papiers>

Directeur de la publication

Thierry Dauxois

Directeur de la communication

Jérôme Guilbert

Directeur de la rédaction

Saman Musacchio

Rédactrice en chef

Laure Cailloce

Rédacteur en chef adjoint

Yaroslav Pigenet

Chefs de rubrique

Mehdi Harmi, Marina Julienne, Maxime Lerolle

Ont participé à ce numéro

Thomas Allard, Stéphanie Arc,
Clément Baudet, Anaïs Culot, Julie Degen,
Grégory Fléchet, Gaël Hautemulle, Marc
Hermann, Francis Lecompte, Émilie Martin,
Servane Pierre, Marie Privé, Fabien Trécourt

Coordinateur éditorial

Fabien Maréchal

Directeur artistique

David Faure

Iconographes

Anne-Emmanuelle Héry, Sophie Léonard
et Valérie Delchambre

Illustrations

Francis Lévillée/Colagene, Laura Liedo/
Colagene, Emmanuel Polanco/Colagene

Gestionnaire

Mathieu Chatellier

Assistant de direction

Frédéric Roman

Impression | Roto France Impression

25 rue de la Maison Rouge, 77185 Lognes

ISSN 2261-6446

Dépôt légal : à parution

Photos CNRS disponibles à :

contact-mediathèque@cnrs.fr

<https://images.cnr.fr>

La reproduction intégrale ou partielle des textes
et des illustrations doit faire obligatoirement
l'objet d'une demande auprès de la rédaction.



SUIVEZ L'ACTUALITÉ DE LA RECHERCHE AVEC LE CNRS



ÉDITO

Comprendre les enjeux de l'immigration



William Berthomière

Directeur de recherche au CNRS,
directeur adjoint scientifique en charge
de la coopération internationale
à CNRS Sciences humaines et sociales



À L'ÉCHELLE MONDIALE, LES MIGRATIONS internationales et l'accueil des réfugiés composent des questions de société qui font l'objet d'un intense traitement médiatique. La France n'échappe pas à ces débats et, comme de nombreux autres États, elle se voit exposée à des formes d'instrumentalisation politique de la question migratoire.

Conscient de la montée en puissance de cette thématique dans le débat public, le CNRS a su construire au fil des 50 dernières années un ensemble de structures de recherche permettant d'appréhender, dès la création du Groupe de recherches coordonnées sur les migra-

tions internationales (1979), les évolutions tant démographiques que socio-économiques de cette thématique. En 2026, une quarantaine de ses laboratoires consacrent tout ou partie de leurs projets scientifiques à l'étude des dynamiques migratoires internationales. Cette production de connaissances a pu être valorisée et enrichie par l'inscription de ces laboratoires, à l'échelle nationale, dans la création de consortiums de recherche comme l'Institut Convergences Migrations (2016-2026), ou encore le réseau IMISCOE au niveau européen.

Ainsi, aujourd'hui, de nouvelles approches et méthodes d'analyse permettent d'évaluer finement les effets de l'immigration sur nos économies, à court mais aussi à plus long terme, comme le dévoile ce nouveau numéro de *CNRS Le Mag*. Les chercheurs nous y donnent aussi des clés pour comprendre la façon dont se forme l'opinion sur la question migratoire et analysent les raisons du décalage entre les faits établis et les termes du débat public.

Convaincu que la production de connaissances scientifiques est l'un des remparts à la circulation de contrevérités sur ce sujet comme sur tant d'autres, le CNRS poursuit son travail de structuration de la connaissance par la création, dès janvier 2027, d'une fédération de recherche Migrations, qui contribuera au nécessaire renforcement des liens entre recherche et politiques publiques.



© EMMANUEL POLANCO / COLAGENE POUR LE CNRS

16

DOSSIER

IMMIGRATION : LES CLÉS POUR COMPRENDRE

- 18 L'immigration, charge ou opportunité économique ?
- 22 Faits et chiffres de l'immigration en France
- 24 Les Français face à l'immigration
- 27 « Il y a un décalage entre les statistiques et le débat public »

- 41 **LE GROS MOT DE L'ENVIRONNEMENT**
« Capture accidentelle de pêche »
- 42 **PORTFOLIO**
Atlantique, mesurer les courants marins
- 58 **STRATÉGIE**
 - Thierry Dauxois : « Investir dans la science pour préparer l'avenir »
 - Adapter les territoires au climat de demain
- 65 **À LIRE / À VOIR**
- 66 **« LE JOUR OÙ... »**
Je suis tombé nez à nez avec un groupe de lions »

AU FIL DES SCIENCES

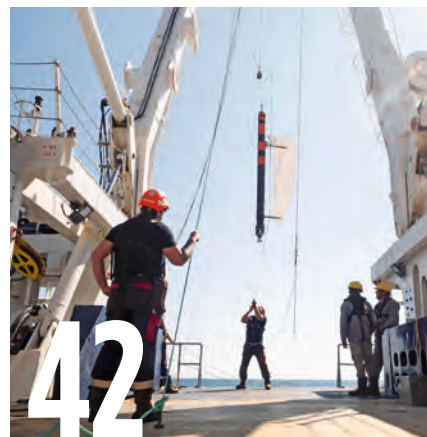
- 30 **HISTOIRE** Quand 1936 inventait la grève générale
- 35 **NUMÉRIQUE** Wikipédia face à la menace des IA
- 38 **ENVIRONNEMENT** Les racines au secours des plantes
- 48 **PORTRAIT** Rockeur et chercheur !
- 52 **ARCHÉOLOGIE** Je vous écris de Mésopotamie... il y a 4000 ans
- 54 **BIOLOGIE** Petit plancton, petits poissons ?
- 56 **MUSICOLOGIE** Musique : le cerveau aime anticiper

48



© PASCAL BONNIÈRE / VOIX DU NORD / MAXPPP

42



© ADRIEN STELLA / LOPS / FREMER / CNRS IMAGES



© COLLECTION ROGER-VIOLETT / ROGER-VIOLETT

- 6 **ZOOM**
- 8 **SUR LA TOILE**
- 9 **C'EST UNE BONNE QUESTION**
Peut-on entendre les infrasons ?
- 10 **L'IMAGE**
Le planisphère carré
- 12 **C'EST DANS L'ACTU**
Jacqueline Bloch, magicienne de la lumière

Cultivez votre curiosité!

ENTRÉE
LIBRE

 Conférence
hors champ

 Conférences
immersives

 Micro-
conférences

 Off
Échappées

**Du 20 au 22 novembre
- Croix-Rousse, Lyon 1^{er}**

#ÉchappéesInattendues

Et si vous pouviez remonter le temps : des origines du système solaire aux premières formes de vie sur Terre ; plonger au cœur du microbiote intestinal ; explorer les secrets insoupçonnés des tissus archéologiques ou encore comprendre pourquoi nous vieillissons ! À découvrir tout au long du week-end, en rencontrant des scientifiques du CNRS.



Entrée libre.
Plus d'infos et inscription sur
echappeesinattendues.cnrs.fr

NEUROSCIENCES

LA MADELEINE DE PROUST EXPLIQUÉE

L'ODEUR OU LE GOÛT D'UN ALIMENT

suffit à faire ressurgir un souvenir d'enfance chargé d'émotion. Évoqué par Marcel Proust dans son roman *Du côté de chez Swann*, dans lequel l'auteur décrit l'impression de réminiscence que lui procure la saveur d'une madeleine trempée dans le thé, ce phénomène restait jusqu'ici inexpliqué sur le plan neurobiologique. Des chercheurs du Centre de recherche en neurosciences de

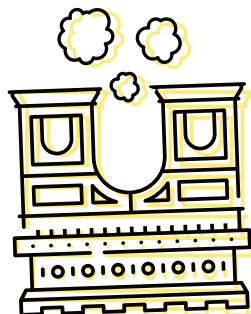


Lyon viennent de percer ce mystère. Ils ont demandé à 650 volontaires de caractériser leur plus lointain souvenir. Dans la majorité des cas, il s'agissait d'une odeur plaisante, elle-même liée à une expérience positive répétée à plusieurs reprises durant l'enfance. Ce cheminement mémoriel a ensuite été reproduit chez l'animal. Pour ce faire, de jeunes souris ont été placées dans un environnement agréable, propice au jeu, en présence d'une odeur particulière. Cette même odeur a ensuite été diffusée aux rongeurs devenus adultes dans un environnement neutre, afin d'évaluer la persistance de la mémoire olfactive dans leur cerveau. L'expérience révèle qu'une exposition olfactive précoce laisse une empreinte durable dans le cerveau. À tel point qu'elle permet de réactiver le contexte et les émotions qui y sont associées tout au long de la vie. ✱

D'APRÈS OTTO WEGENER, 1895. COLL. PRIVÉE / WIKIMÉDIA COMMONS + @OLHA SHULHINA / ISTOCK.COM + DAVE

GÉOLOGIE

QUAND LE BASSIN PARISIEN TREMBLAIT

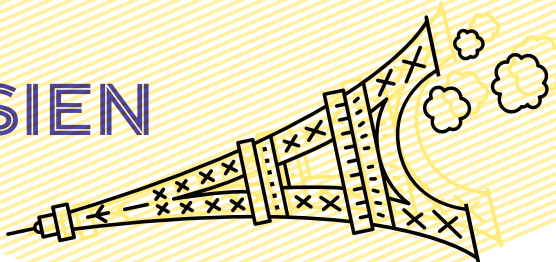


SI L'ÎLE-DE-FRANCE COMPTE PARMİ LES RÉGIONS FRANÇAISES LES MOINS EXPOSÉES AUX SÉISMES,

il n'en a pas toujours été ainsi. C'est ce que révèle une étude pluridisciplinaire intégrant

l'expertise d'un géomorphologue du CNRS. Pour arriver à cette conclusion, les chercheurs ont procédé à un réexamen approfondi de sédiments issus d'un site archéologique du Paléolithique situé près de Beauvais (Oise). Ils ont constaté que ces dépôts sédimentaires avaient enregistré d'importants mouvements de terrain entre 60 000 et 45 000 ans avant notre ère. Le long des failles qui traversent le site, les scientifiques ont également

relevé des « cassures » pouvant atteindre 25 cm de décalage vertical. Une telle amplitude de déformation pourrait correspondre à un ou plusieurs séismes, d'une magnitude minimale de 5,5. Ces observations conduisent à repenser l'activité potentielle des failles du Bassin parisien, mais également à réévaluer les risques dans les régions à faible sismicité accueillant des installations sensibles comme des aéroports ou des centrales nucléaires. ●



POLLUTION

Un PFAS toxique pour le cerveau

BIEN QUE LE DOUTE NE SOIT PLUS PERMIS QUANT À LA NOCIVITÉ DES PFAS (pour « substances per- et polyfluoroalkylées »)

commercialisés de longue date par l'industrie, l'impact sur la santé des molécules issues

de leur dégradation reste peu documenté. C'est le cas pour le 7:3-fluorotélomère carboxylique (7:3 FTCA), détecté de plus en plus souvent dans l'environnement.

Afin d'étudier ses effets neurologiques, une équipe internationale dirigée par deux chercheurs du CNRS a combiné deux approches. Ils ont d'abord exposé des embryons de goélands à une concentration de 7:3 FTCA comparable à celle relevée dans la nature. En parallèle, des souris adultes ont reçu quotidiennement cette même molécule dans leur

alimentation pendant trois semaines.

À la suite de ces expositions, les chercheurs ont observé une perturbation des signaux de communication cellulaires dans le cerveau des embryons d'oiseaux. Les rongeurs, eux, présentaient une altération du comportement. Ces résultats témoignent du caractère délétère de ce PFAS pour le cerveau à différents stades du développement de celui-ci. De quoi inciter les autorités sanitaires à enquêter davantage sur les effets neurologiques de la substance. ●

THÉRAPIE

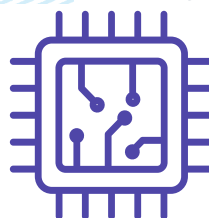
Cancer du sein : des tumeurs sur puce

PREMIÈRE CAUSE DE DÉCÈS PAR CANCER CHEZ LES FEMMES, le cancer du sein se

distingue par une grande variété de profils

biologiques et cliniques. Des dispositifs miniatures utilisant la microfluidique ont été mis au point par des chercheurs du CNRS et de l'Institut Curie pour choisir le traitement le mieux adapté à chaque profil. Concrètement, ces modèles

en 3D de tumeurs dérivés de cellules des patientes répliquent la diversité de l'écosystème tumoral ainsi que les paramètres physicochimiques des tissus. L'équipe a d'ores et déjà pu tester la capacité de ces « tumeurs sur puce » à révéler la sensibilité et la résistance à différents traitements contre le cancer du sein. Ce pouvoir de discrimination a ensuite été comparé à celui d'une méthode éprouvée reposant sur l'implantation de cellules tumorales chez l'animal. Résultat, dans environ 90 % des cas, les tumeurs sur puce sont arrivées aux mêmes conclusions que la méthode de référence en à peine quatre jours. Un tel niveau de fiabilité obtenu dans un délai aussi court laisse entrevoir la possibilité d'intégrer prochainement ce nouvel outil de modélisation à la pratique clinique. *



S-301

QU'EST-CE QUE ?

Ainsi se nomme l'étoile la plus rapide de toute la Voie lactée. Évoluant à proximité du trou noir supermassif Sagittarius A*, qui occupe le centre de notre galaxie, S-301 a été détectée pour la première fois en 2023. Pour suivre ce minuscule point dans l'immensité cosmique, les chercheurs ont eu recours à l'interféromètre du Very Large Telescope, basé au Chili. La résolution exceptionnelle de l'instrument a permis de caractériser le parcours de l'étoile autour du trou noir – une orbite très allongée, bouclée en un peu plus de huit ans et demi. Et de constater que, au plus près de Sagittarius A*, l'astre atteignait la vitesse étourdissante de 25 000 kilomètres par seconde. Ces prochaines années, les scientifiques comptent affiner le suivi de la trajectoire de S-301, de façon à pouvoir mesurer directement la rotation du trou noir central de notre galaxie et ses effets gravitationnels – apportant une nouvelle validation de la théorie de la relativité générale d'Einstein.

Une sélection d'articles, vidéos
ou diaporamas récemment
publiés sur **CNRS Le Journal** :
lejournal.cnrs.fr



GLACIOLOGIE

Une preuve glaçante refait surface

1957 : en étudiant les glaces de l'Antarctique dans des conditions extrêmes, Claude Lorius a une intuition pour le moins surprenante.

Qui fera de lui le premier scientifique à démontrer le lien entre l'augmentation du taux de CO₂ dans l'atmosphère et la hausse de la température sur la Terre.



PSYCHOLOGIE

Bébés : l'apprentissage à coups de pelle

Attention, turbulences ! En 1977, une psychologue filme une crèche pour observer le développement psychomoteur des tout-petits. Ce travail contribuera à la mise au point du test Brunet-Lézine, qui évalue le développement des jeunes enfants. Dont le quotidien n'est pas toujours de tout repos.

SUR LA TOILE



QUANTIQUE

Un modèle imaginaire pour résoudre l'équation de Schrödinger

Équation reine de la mécanique quantique, l'équation de Schrödinger est, en pratique, impossible à résoudre exactement. Aujourd'hui, trois mathématiciens français en proposent une reformulation radicale pour étudier des systèmes complexes qui résistent aux investigations des théoriciens.



AGRONOMIE

Des pommes de terre cultivées grâce à la mer

En Bretagne, des extraits d'algue aident à réduire les traitements fongicides des cultures et améliorent la résistance à la sécheresse. D'où viennent leurs étonnantes propriétés ? Enquête sur des molécules qui pourraient transformer l'agriculture de demain.



MATHÉMATIQUES

Hong Wang : de Fields en aiguille

La mathématicienne chinoise Hong Wang est colauréate de la médaille Fields (le « Nobel » de la discipline) 2026. Ce prix vient récompenser des travaux sur les solutions en 3 dimensions de la conjecture de Kakeya, extension d'un problème vieux de près d'un siècle, aux confins des mathématiques et de la géométrie. Pour les mordus de mathématiques !

C'EST UNE BONNE QUESTION

On le surnomme le « hum ». Peut-être faites-vous partie des personnes capables de percevoir ce bruit sourd, semblable à un bourdonnement, qui peut être particulièrement persistant et désagréable. Son origine reste mystérieuse.

Il est avéré que les éoliennes, les pompes, les systèmes de ventilation et les installations industrielles telles que les centres de données émettent des bruits à très basse fréquence. Identifier avec certitude les installations qui sont à la source des nuisances perçues reste toutefois difficile : les sons les plus graves – en dessous de 125 hertz (Hz) – peuvent en effet se propager sur des kilomètres.

Ce qui intrigue le plus les scientifiques, ce sont les personnes qui entendent ces bruits. On sait que certains animaux, comme les éléphants, sont capables de percevoir les très basses fréquences. Mais l'oreille humaine y est, en théorie, peu sensible. Question d'anatomie. Les infrasons (sons inférieurs à 20 Hz) ont même longtemps été réputés inaudibles.

« On sait aujourd'hui que c'est faux, assure Sabine Meunier, psycho-acousticienne au Laboratoire de mécanique et d'acoustique¹, à Marseille. Les expériences montrent que nous sommes en réalité capables d'entendre des sons dont la fréquence se situe en dessous de 20 Hz, à condition qu'ils soient très forts. »

Grâce à une cabine acoustique équipée de dizaines de haut-parleurs, spécialement conçue pour ses expériences, la scientifique essaie de comprendre pourquoi certaines personnes semblent plus sensibles à ces très basses fréquences, jusqu'à vivre parfois un véritable calvaire auditif. « En plus du bruit, elles décrivent parfois des sensations désagréables de vibration dans le corps ou de pression sur le tympan », indique Sabine Meunier, qui a lancé en 2025 le projet Piste (Hypersensibilité dans la perception des infrasons et des très basses fréquences).

« Nous sommes capables d'entendre des sons dont la fréquence se situe en dessous de 20 Hz »



PHYSIOLOGIE

Peut-on entendre les infrasons ?

L'étude se déroule en deux temps : une première phase d'enregistrement au domicile des volontaires, puis une seconde phase de mesures menées au laboratoire. « Nous voulons comprendre pourquoi ces personnes se plaignent de ces bruits, alors que leur environnement ne les perçoit pas, confie Sabine Meunier. Nous regardons notamment si l'exposition à ces sons entraîne un gonflement des liquides situés dans l'oreille interne, car c'est un phénomène qui a déjà été observé au cours de tests menés sur des animaux. Nous vérifions également si ces stimulations affectent les muscles de l'oreille moyenne, où se trouve le tympan. »

Pourrait-il s'agir d'acouphènes ? Ce n'est pas l'hypothèse la plus probable, estime la scientifique, qui a déjà réalisé des enregistrements chez une demi-douzaine de volontaires... « Le plus souvent, constate-t-elle, nos micros captent en effet des sons basse fréquence que nous-mêmes ne réussissons à entendre qu'avec un bon casque et en montant le volume. » ●

1. LMA, unité CNRS/Aix-Marseille Université/Centrale Méditerranée.

GÉOGRAPHIE

Le planisphère carré, un nouveau regard

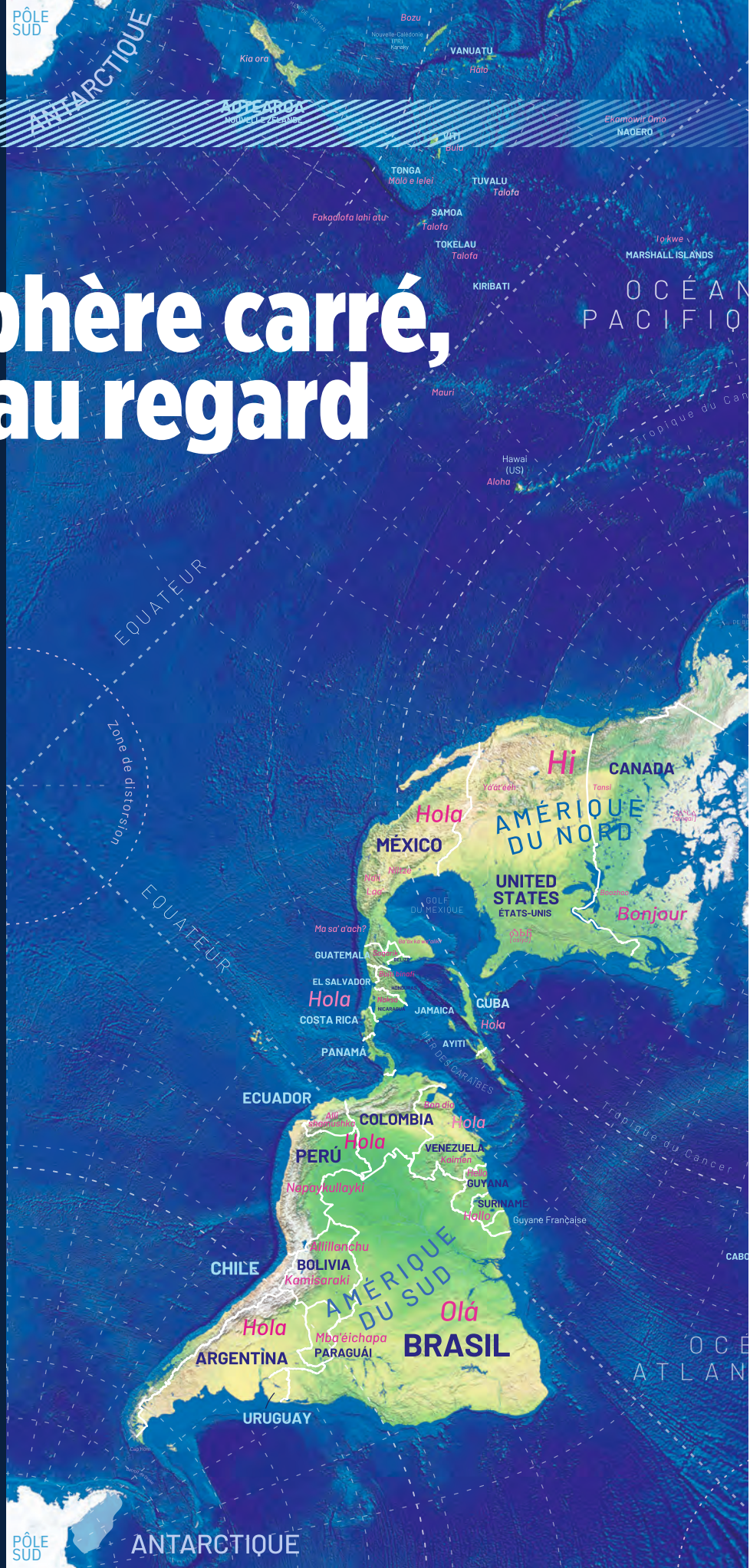
Oubliez le traditionnel planisphère qui trône depuis des décennies dans les salles de classe, place au planisphère carré (ci-contre). Avant de devenir une référence mondiale, la projection cartographique dite de « Mercator », présente dans tous les atlas, avait été pensée au XVI^e siècle pour la navigation maritime. Cependant, elle est loin d'être parfaite.

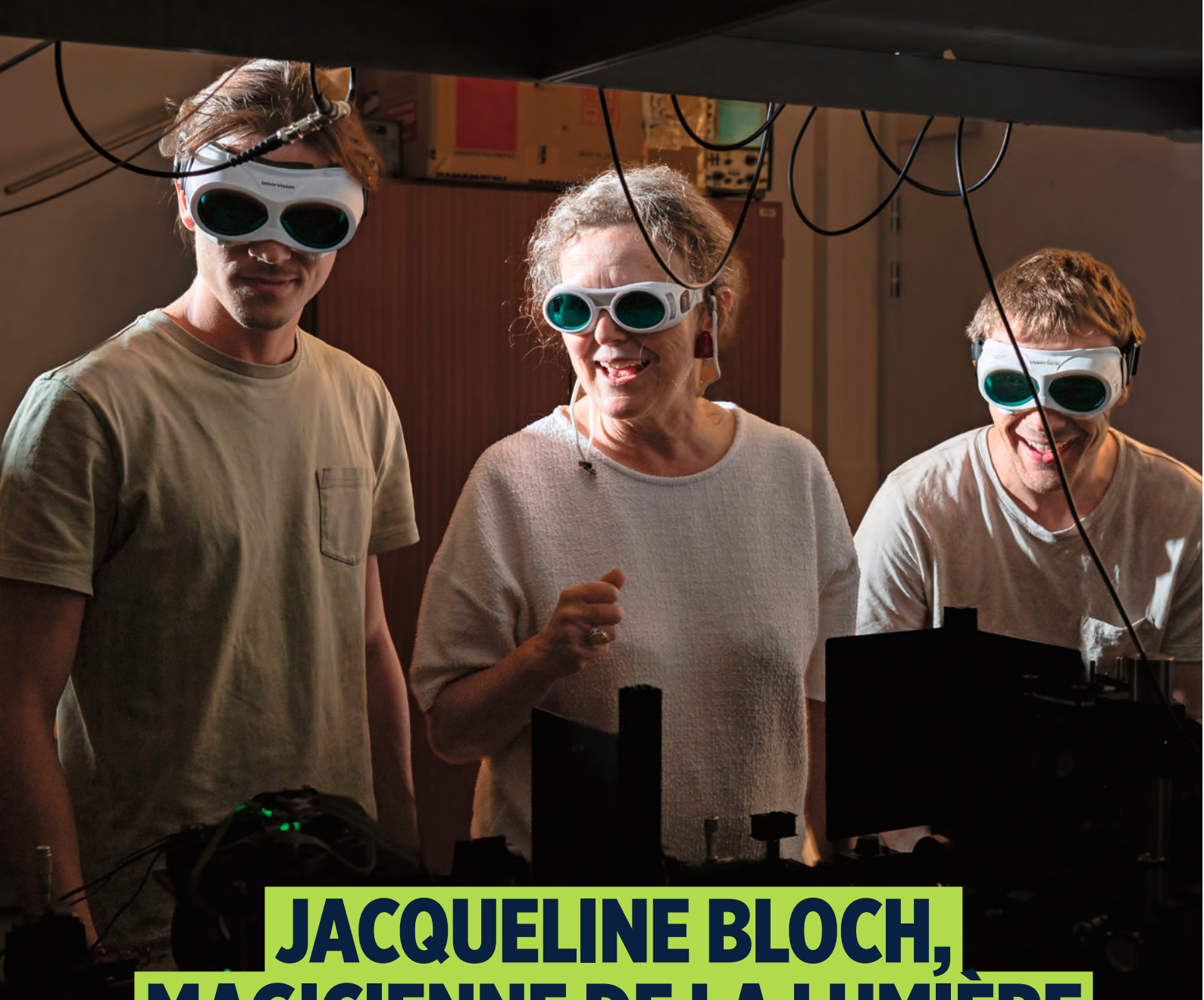
Cette projection déforme les continents et donne une idée erronée de leur surface. « Elle survalorise les pays qui sont situés aux hautes latitudes en augmentant considérablement leur taille. Par exemple, le Groenland semble être aussi grand que l'Afrique, alors qu'il est en réalité 14 fois plus petit qu'elle », commente le géographe Nicolas Lambert.

Afin de trouver une représentation plus juste et plus fidèle à la réalité, le scientifique du Centre pour l'analyse spatiale et la géovisualisation¹ travaille depuis 2025 avec l'association d'éducation populaire Nuées. Leur choix s'est finalement porté sur la projection en quinconce de Peirce, inventée en 1877. Sa représentation principale est centrée sur le pôle Nord. Avec les quarts du pôle Sud sur chacun des sommets, l'ensemble forme un quinconce. Si cette projection déforme les océans, elle préserve en revanche les proportions de chaque continent.

« En faisant quelques calculs sur les caractéristiques de cette carte, j'ai constaté que la forme des pays y était extrêmement bien respectée », explique Nicolas Lambert. Cette projection offre aussi un contrepoint par rapport au planisphère traditionnel, qui situe toujours les pays de l'hémisphère Nord au-dessus de ceux du Sud : « L'idée est de casser un peu cet imaginaire issu de la colonisation, où les nations du Nord domineraient celles du Sud ». T. A.

1. Riate, unité CNRS/Université Paris Cité.





JACQUELINE BLOCH, MAGICIENNE DE LA LUMIÈRE

Physicienne hors pair, Jacqueline Bloch est spécialiste d'objets microscopiques à mi-chemin entre matière et lumière : les polaritons. Elle est lauréate 2026 de la médaille d'or du CNRS, plus importante récompense de la recherche française. Portrait.

✎ ÉMILIE MARTIN

Dans la paume de sa main, elle exhibe comme un fabuleux trésor un demi-cercle ultra-réfléchissant, aussi fin qu'une lame de rasoir. « Voilà typiquement un échantillon de micro-cavités que l'on fabrique ici même, au Centre de nanosciences et de nanotechnologies (C2N)¹ ! » La magicienne des lieux, Jacqueline Bloch, 59 ans, regard rieur assorti à sa voix joyeuse et à son grand sourire lumineux quasi constant, utilise ces micro-cavités comme un laboratoire miniature pour mêler lumière et matière, et ainsi ausculter le monde quantique. Aujourd'hui directrice de recherche au C2N et membre de l'Académie des sciences, elle vient de se voir décerner la médaille d'or 2026 du CNRS.

☑ Travaux sur banc optique laser, au Centre de nanosciences et de nanotechnologies. Jacqueline Bloch est entourée de deux membres de son équipe, Maximilien Escalera (à gauche) et Théophile Rabier.

Mais comment devient-on une magicienne de la lumière ? « Mon père, Claude Bloch, était un grand physicien, et je l'ai perdu quand j'avais 4 ans, raconte-t-elle dans un premier sourire ému. Mon oncle était également scientifique. J'ai donc grandi dans l'admiration de ce père brillant que je n'ai pas connu, et plus généralement dans une sorte d'aura de physiciens qui m'a montré la lumière. »

La petite Jacqueline amorce donc son existence avec l'envie de devenir chercheuse en physique. Après le lycée et une année de prépa, elle opte pour l'École supérieure de physique et de chimie industrielles. « J'ai adoré les enseignements, surtout les travaux pratiques, durant lesquels on avait toute liberté pour monter une expérience scientifique. C'était passionnant ! J'y ai rencontré deux professeurs extraordinaires : Claude Boccara, en optique, et Jacques Lewiner, en physique des solides. »

Inspirée par leurs enseignements, elle s'aventure à la croisée de ces deux disciplines. Après un DEA en physique de la matière condensée, Jacqueline Bloch entame une thèse au Laboratoire de microstructures et de microélectronique (L2M), sur le comportement des électrons dans des nanostructures. Suit, deux années plus tard, sa véritable révélation : les polaritons, qui naissent notamment dans les microcavités semblables à celles que la chercheuse nous a présentées dans sa main.

Le plus souvent de taille micrométrique², ces cavités se composent de très fines couches de semi-conducteurs prises en sandwich entre deux miroirs se faisant face. Lorsqu'ils sont capturés dans ce piège, les photons rebondissent continuellement entre les deux miroirs. En traversant les couches de semi-conducteurs, ils peuvent transmettre leur énergie à des électrons présents dans les semi-conducteurs, les catapultant vers un niveau d'énergie supérieur.

“ Tout au long de sa carrière, elle va jouer avec les polaritons, laboratoires uniques pour observer les phénomènes physiques.

Cette excitation du matériau forme ce que les physiciens appellent un « exciton ». Or celui-ci peut, à son tour, restituer son énergie en émettant un photon. Ainsi, au sein de la microcavité, l'énergie passe tour à tour – et très rapidement – de la lumière à la matière, et inversement. De sorte qu'il n'est plus possible de distinguer le photon de l'exciton. Le duo a formé un nouvel objet quantique mi-lumière mi-excitation de matière : le polariton. Tout au long de sa carrière, Jacqueline Bloch n'aura de cesse de jouer avec ces extraordinaires objets hybrides, labo-

ratoires uniques pour observer, mais également pour reproduire et manipuler les phénomènes physiques.

Elle décroche sa thèse en 1994 et est aussitôt recrutée au CNRS, en tant que chargée de recherche au L2M. « J'ai tout de suite eu envie d'étudier

en profondeur les propriétés de ces polaritons, assure-t-elle. En tirant ce fil, je n'avais aucune idée d'où il allait me mener. » D'emblée, assez loin...

Dès 1997, elle signe plusieurs publications qui, dans la communauté, suscitent une vive attention. Elle montre notamment qu'il est possible de sculpter une microcavité en forme de pilier. Cela revient, en quelque sorte, à ajouter des murs sur les côtés du sandwich et permet donc, en immobilisant les photons dans une minuscule zone, de mieux contrôler les états qu'ils peuvent occuper.

La science, une histoire de famille

En 1998, elle retrouve son conjoint, postdoctorant aux États-Unis, et intègre les prestigieux laboratoires Bell en tant que chercheuse invitée. Là-bas, dans ce temple de l'innovation, elle se forme aux techniques de spectroscopie ultrarapide, qui permettent de suivre en temps réel l'évolution des polaritons.

Et c'est aussi là-bas, en Amérique, que Jacqueline Bloch donne naissance à son premier enfant. Son second naît en France, trois ans plus tard. Aujourd'hui âgés de 23 et de 27 ans, ses fils sont tous deux scientifiques en devenir – l'un physicien, l'autre chimiste. Outre la science, la famille partage une autre passion commune : la montagne. « Nous continuons à randonner ensemble été comme hiver ! » Sourire fier.

→

“ En 2015, elle simule, avec ces merveilleux fluides de lumière, rien de moins que l'horizon d'un trou noir.

→ De retour en France en l'an 2000, Jacqueline Bloch réintègre le L2M. Elle y retrouve avec bonheur non seulement son terrain de jeu préféré – les microcavités d'où elle fait surgir des entités hybrides –, mais aussi ses coéquipiers. « Pour avancer dans mes recherches, j'ai beaucoup bénéficié de l'incomparable savoir-faire “maison” en matière de fabrication d'échantillons. En particulier, Isabelle Sagnes et Aristide Lemaître savaient façonner des microcavités de grande qualité. Et, tout au long de ma carrière, j'ai eu la chance de travailler dans un environnement très stimulant, avec des doctorants et postdocs de multiples

nationalités, avec deux jeunes collègues chercheurs brillants et talentueux, Alberto Amo et Sylvain Ravets, et au sein de nombreuses collaborations au niveau national et international. Je vis une formidable aventure collective qui permet d'explorer de multiples horizons! »

Dans les années qui suivent, elle vogue vers celui de l'optique non linéaire. Dans un système dit « linéaire », lorsque l'on ajoute deux fois plus de lumière, on obtient sur le détecteur un signal deux fois plus intense, sans pour autant que sa nature change. Mais, en injectant massivement de la lumière dans un espace particulièrement confiné, Jacqueline Bloch parvient à faire considérablement augmenter le nombre de polaritons, donc leurs interactions. De ses cavités peuvent alors émerger des comportements collectifs totalement inédits : la lumière peut se changer en une sorte de fluide, s'écouler, dessiner

des tourbillons. Magicienne, on vous dit...

Avec de tels systèmes, dits « non linéaires », elle fait danser ses entités hybrides en parfaite synchronisation

↓ Jacqueline Bloch se consacre également à l'enseignement et est devenue mentore pour de futures chercheuses.

© CYRIL FRÉSILLON / CNRS IMAGES



jusqu'à ce qu'elles ne forment plus qu'un seul et même objet, que les physiciens appellent « condensat de Bose-Einstein³ » pour les polaritons. En 2010, elle frappe l'un des grands coups de sa carrière : elle est la première à utiliser ses cavités, sculptées en différentes formes, pour manipuler le mouvement des condensats de polaritons.

Mais, à l'époque, les interprétations de ces expériences font débat : s'agit-il vraiment d'un condensat ou bien d'un simple laser ? Il est vrai que, sur les mesures, la différence de signal est subtile... La chercheuse s'emploie alors à clarifier la distinction entre les deux, avec force explications qui servent aujourd'hui de référence.

Dans un sourire plein d'humilité, elle confirme : « J'ai été reconnue pour ma rigueur scientifique ». Et pour ses percées, qui vont s'enchaîner. En 2015, elle simule, avec ces merveilleux fluides de lumière, rien de moins que l'horizon d'un trou noir. L'un des objectifs de ce monstre cosmique miniature est de mettre en lumière le rayonnement de Hawking, prédit par le physicien Stephen Hawking dans les années 1970. « À ce jour, nous n'avons pas encore mis la main dessus, mais la recherche se poursuit activement, en particulier au Laboratoire Kastler Brossel⁴, avec lequel nous collaborons. »

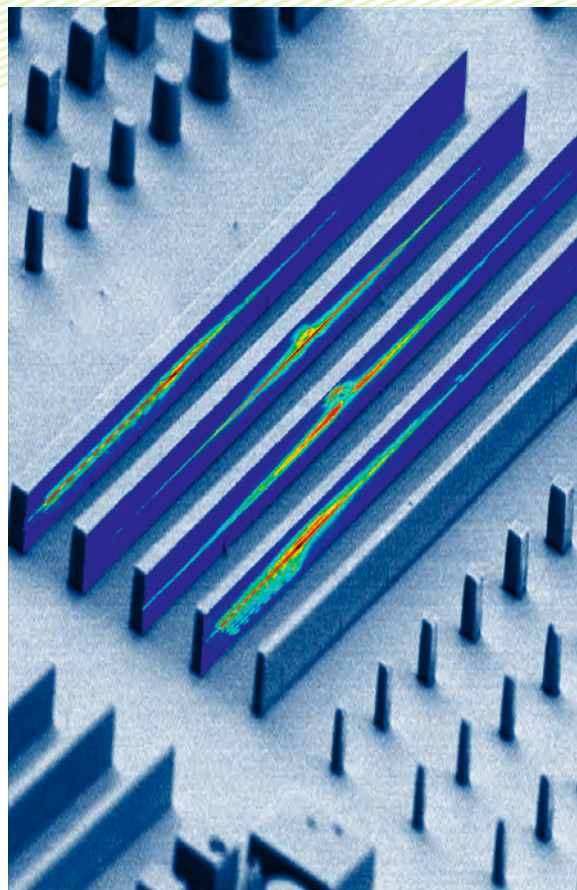
Enthousiasme partagé

En parallèle, Jacqueline Bloch a planché sur un autre tour de magie, avec cette fois pour objectif de pénétrer dans l'intimité de la matière. Comment l'architecture d'un matériau dicte-t-elle le comportement de ses particules et, ainsi, lui confère-t-elle ses propriétés ? Ce qui se joue à l'échelle des atomes est invisible...

Pour y accéder, la physicienne entreprend de concevoir des sortes de maquettes de ces matériaux à plus grande échelle – et ce, grâce à ses microcavités sculptées comme des pièces de Lego. Ainsi, en 2014, l'équipe assemble une structure en nid-d'abeilles au sein de laquelle les polaritons reproduisent certaines propriétés du graphène (connu pour ses remarquables propriétés de conduction). Une première.

En 2016, le L2M devient le C2N⁵, mais Jacqueline Bloch reste Jacqueline Bloch. Elle collectionne prix et retentissantes publications, brille pour ses résultats aussi bien que pour l'enthousiasme et la clarté avec lesquels elle les présente en conférence. Un talent qui l'a toujours poussée à faire de l'enseignement : « J'aime beaucoup cette autre partie de mon activité ; j'aime par exemple faire des TD en petits groupes, être proche des élèves ». Tant et si bien qu'elle s'engagera aussi quelques années plus tard au sein d'un programme de mentorat en partenariat avec l'association Femmes & Sciences⁶.

Enseignante et désormais mentore, Jacqueline Bloch ne s'est jamais détournée de la recherche, tant s'en faut. Avec une nouvelle grande première en 2022 : son équipe montre que les fluctuations d'un condensat de polaritons semblent obéir aux mêmes lois universelles qui dictent



© ISABELLE SAGNES / C2N

↑ Rubans vus en microscopie électronique à balayage. En surimpression est montrée la propagation des polaritons mesurée optiquement dans ces rubans.

la croissance du givre sur une vitre, ou la progression du feu sur une feuille de papier. Et, en 2025, elle démontre dans ses expériences le même phénomène « non plus en une, mais en deux dimensions ».

Fructueuses, les recherches de Jacqueline Bloch et de ses coéquipiers pourraient un jour mener à des technologies disruptives. « C'est vrai qu'elles suscitent l'espoir de pouvoir, par exemple, traiter et transmettre l'information uniquement avec de la lumière. Mais ce que j'aime surtout, conclut-elle dans l'un de ses lumineux sourires, c'est la recherche fondamentale ! Il y a encore tant à découvrir... » Rendez-vous au prochain tour de magie. ●



**PARTAGEZ
CET ARTICLE**

1. Unité CNRS/Université Paris-Saclay.

2. 1 micromètre = 1/1 000^e de millimètre.

3. Phénomène quantique lors duquel une foule de particules se comportent comme une seule et même onde cohérente.

4. LKB, unité CNRS/Collège de France/ENS-PSL/Sorbonne Université.

5. Dans les années 2000, le L2M était d'abord devenu le LPN, implanté à Marcoussis.

6. Programme de mentorat pour les doctorantes de l'Institut polytechnique de Paris, en partenariat avec l'association Femmes & Sciences

DOSSIER

Immigration





PAGE 18 **L'immigration, charge
ou opportunité économique ?**

PAGE 22 **Faits et chiffres de l'immigration en France**

PAGE 24 **Les Français face à l'immigration**

PAGE 27 **« Il y a un décalage entre les statistiques
et le débat public »**



IMMIGRATION : LES CLÉS POUR COMPRENDRE

Combien y a-t-il réellement d'immigrés en France ?
L'immigration représente-t-elle un coût pour notre économie ?
Quelle est la différence entre un immigré et un étranger ?
Et qu'en pensent les Français ?
Autant de questions auxquelles les chercheurs en économie, démographie, science politique..., apportent des réponses.
CNRS Le Mag leur donne la parole, pour que chacun puisse se faire un avis, loin des controverses qui agitent le débat public.

L'IMMIGRATION, CHARGE OU OPPORTUNITÉ ÉCONOMIQUE ?

Sujet récurrent dans le débat public, la dimension économique de l'immigration est devenue l'objet de controverses, parfois très vives, sur la question de son coût. L'arrivée de personnes immigrées représente-t-elle une charge pour la société française – et les pays d'accueil, de façon plus générale – ou, au contraire, en favorise-t-elle le dynamisme ? Si la question ne manque pas d'implications politiques, un nombre croissant de chercheurs ont décidé, ces 10 dernières années, de l'aborder comme un fait purement scientifique.

« Il se passe quelque chose dans notre économie, il y a des gens qui arrivent et on veut savoir si, globalement, ça nous appauvrit ou ça nous enrichit », résume très pragmatiquement Hippolyte d'Albis, directeur de recherche CNRS et professeur à l'Essec Business School. Dans le même temps, les données statistiques comme individuelles se sont multipliées, « ainsi que les outils pour les traiter de manière très rigoureuse et très élaborée », souligne Lionel Ragot, économiste au laboratoire EconomiX¹.

Ces nombreuses études, qu'elles soient théoriques ou plus empiriques, menées à des échelles régionales, nationales ou internationales, font émerger un premier constat : évaluer l'impact de l'immigration sur l'économie du pays d'accueil est une entreprise complexe, qui ne peut se limiter à estimer ce que coûte un immigré à l'assurance chômage ou aux dépenses de la sécurité sociale. « Il n'y a pas un impact de l'immigration, mais des

L'arrivée de personnes immigrées représente-t-elle un coût pour la société française – et les pays d'accueil, de façon plus générale – ou, au contraire, en favorise-t-elle le dynamisme ? Des chercheurs en économie planchent sur cette question.

✉ FRANCIS LECOMPT ET GAËL HAUTEMULLE

impacts multiples de plusieurs immigrations, et des impacts différenciés selon les catégories de la population native que l'on prend en compte», souligne Jérôme Valette, économiste au Centre d'études prospectives et d'informations internationales (CEPII).

Des immigrés jeunes et déjà éduqués

« Quand on relève que le taux d'emploi est plus faible chez les immigrés (63 % contre 70 % chez les natifs, en France, en 2025) ou qu'ils perçoivent davantage d'allocations familiales, parce qu'ils ont un peu plus d'enfants², il faut aussi prendre en compte le fait qu'ils se concentrent sur les catégories d'âge qui cotisent, celles de la population active comprise entre 18 et 50 ans, où vous cotisez plus que ce que vous percevez », souligne Hillel Rapoport, professeur à l'École d'économie de Paris.

« Les personnes arrivant de l'étranger ont pour la plupart une vingtaine d'années, explique l'économiste. Ce qui signifie que ce n'est pas la société française qui a pris en charge leurs frais d'éducation. Or ce sont les plus jeunes et les plus âgés qui, dans un pays, coûtent le plus cher. »

L'économie bénéficie par conséquent de l'activité de ces travailleurs sans avoir rien dépensé auparavant.

Cette concentration des immigrés sur la classe d'âge qui cotise aux recettes sociales compense ainsi leur taux de chômage plus élevé que chez les travailleurs natifs, ou leurs revenus (et donc leurs cotisations) moindres. « À âge égal, la contribution nette d'un immigré aux finances publiques est en moyenne plus

En France, l'impact de l'immigration sur les finances publiques ne dépasse jamais un demi-point de PIB, en plus ou en moins, selon l'année considérée.



© EMMANUEL POLANCO / COLAGÈNE POUR LE CNRS

faible que celle d'un natif, précise Lionel Ragot. Mais, avec la structure par âge de la population immigrée dans son ensemble, l'effet devient quasi neutre. »

Une approche pragmatique

C'est en s'appuyant, entre autres, sur l'enquête Budget des familles de l'Insee que l'économiste, dès le début des années 2000, a contribué à ouvrir la voie à une approche à la fois pragmatique et diversifiée de l'impact économique de la migration en France. « Avec mon collègue de l'université de Lille, Xavier Chojnicki, nous avons mis au point une méthode spécifique pour en extraire, individu par individu, ce que chacun verse (TVA, cotisations sociales, impôts) et ce qu'il reçoit (allocations chômage, remboursements de santé, retraite, etc.). On connaît aussi l'âge et l'origine des personnes immigrées, donc on peut individualiser ce qui est versé et ce qui est perçu pour cette catégorie de la population. »

Transparence oblige, Lionel Ragot précise que l'exercice bute aujourd'hui sur les dépenses de santé, dont les données sont devenues très difficiles d'accès. Autre limite : une part non négligeable du budget de l'État (la Défense, la Justice, l'Intérieur) ne varie pas significativement avec le nombre d'habitants. Faut de mieux, elle est répartie entre tous les résidents, immigrés compris.

« Du point de vue des résultats, sur la période de 30 ans que nous avons pu étudier (1979-2011)³, l'impact de l'immigration sur les finances publiques en France ne dépasse jamais un demi-point de PIB, en plus ou en moins, expose le chercheur. Cela contredit l'idée qu'une politique migratoire plus restrictive permettrait de récupérer des marges de manœuvre budgétaires. » L'économiste pointe l'effet inattendu que pourrait avoir une telle politique : « Si vous tarissez le flux d'arrivées – des gens jeunes, en majorité –, la population immigrée dans son ensemble va voir sa moyenne d'âge augmenter beaucoup plus rapidement... Et peser davantage sur les finances publiques. »

Aujourd'hui, si l'impact global au niveau comptable est estimé comme faible dans un pays comme la France, qu'en est-il lorsqu'on adopte une approche plus sectorielle – sur le marché de l'emploi, notamment ? La démarche a un précédent ancien : dès 1992, l'économiste Jennifer Hunt montrait que le rapatriement de près de 900 000 Français d'Algérie, après la proclamation d'indépendance de ce pays, en 1962, n'avait eu qu'un impact négatif très limité sur les salaires et l'emploi dans les régions du sud de la France où ils s'étaient installés. « Ces dernières années, grâce à de nouvelles approches méthodologiques, de nombreux travaux ont été réalisés sur →

le sujet, signale Lionel Ragot. Ils permettent de mesurer les conséquences d'un flux migratoire dans un bassin d'emploi, à la fois sur le chômage et sur les salaires de la population de natifs. »

Ces études montrent qu'un afflux d'immigrés dans un bassin d'emploi donné peut entraîner une dégradation à très court terme sur le marché du travail local, indique le chercheur. Mais ces effets s'estompent en quelques années et ces bassins d'emploi reviennent à leur trajectoire antérieure. « À court terme, les perdants sont généralement les personnes les plus substituables et les plus en concurrence avec les immigrés, complète Jérôme Valette. Ce sont elles qui, de manière transitoire, supportent des salaires ou des taux d'emploi plus bas. »

Autre aspect à prendre en compte : les immigrés participent au dynamisme des secteurs économiques qui peinent à recruter. C'était vrai hier pour les Polonais venus extraire le charbon ou les millions de saisonniers

italiens partant chaque année en Suisse assurer les travaux agricoles dans les années 1960. En France, c'est toujours vrai aujourd'hui, en particulier dans le secteur de la construction, qui emploie près de 30 % d'ouvriers immigrés, selon les chiffres officiels, mais aussi dans l'hôtellerie-restauration (plus de 20 %) et dans tous les métiers du *care*, de l'aide à la personne au médecin généraliste, en passant par les services hospitaliers.

L'apport de cette main-d'œuvre permet non seulement à l'économie de fonctionner, mais il a un double effet dynamique, insiste Hippolyte d'Albis. « D'abord un effet de complémentarité, car il permet aussi de recruter des natifs. L'exemple du restaurant est un peu cliché, mais il aide à comprendre : si vous n'avez pas un immigré qui travaille en cuisine, la personne native, à l'aise dans la langue et chargée du contact avec le client, n'aura pas de boulot. Un effet d'externalité, ensuite, très bien documenté, avec l'exemple des nounous, qui permettent aux mères de famille natives de libérer du temps pour travailler plus. »

Ces deux exemples liés au marché du travail montrent bien, selon ce chercheur, que la réponse à la question de l'impact

Sans un immigré en cuisine, la personne native en contact avec les clients n'aura pas de travail.



Un apprenti cuisinier dans un restaurant, à Paris, en juillet 2022.



Étudiants étrangers lors de la journée d'accueil des étudiants internationaux organisée par l'université de Lorraine, en 2023.

© ALEXANDRE MARCHE / PHOTOPOR / L'EST REPUBLICAIN / MAXPPP

de l'immigration sur l'économie ne peut se réduire à un bilan comptable à un instant donné. Elle est aussi à chercher dans des effets qui se diffusent à plus long terme.

Jérôme Valette arrive aux mêmes conclusions générales. Au-delà des conséquences à court terme sur l'emploi – qui peuvent apparaître comme négatives, parce qu'elles font des gagnants et des perdants –, « les effets positifs, eux, sont plus diffus, moins visibles et de plus long terme », explique le chercheur. En réalité, toutes les études qui essaient de chiffrer l'impact global de l'immigration sur l'économie d'un pays trouvent globalement des effets plutôt positifs, mais assez modestes. Mais, dans tous les cas, elles ne mettent jamais en évidence de scénarios catastrophes, annonçant des effets très négatifs. »

« Des gens entrepreneurs »

Plus difficiles à montrer pour des questions de méthodes, quoique bien observés par les chercheurs, les effets positifs à long terme se jouent notamment sur l'aptitude à l'innovation et à l'esprit d'entreprise des immigrés, plus marquée que chez les natifs.

« Cette caractéristique est très bien documentée dans de nombreux pays », souligne l'économiste. Aux États-Unis, par exemple, où les immigrés représentent plus de 15 % de la population, ils sont à l'origine d'un quart des brevets et des créations d'entreprises. Et près de la moitié des 500 plus grandes entreprises américaines ont été fondées par des immigrés ou leurs enfants. »

Selon Hippolyte d'Albis, ce phénomène recoupe ce que l'on peut connaître du profil des migrants, « des gens entrepreneurs au sens large, parce qu'il n'est pas facile de quitter sa terre natale, sa famille et ses proches pour des lieux où l'on ne sera pas forcément très bien accueilli ». Et il peut s'observer aussi en France, dans une moindre mesure.

Un autre facteur de dynamisme économique à mettre au crédit de l'immigration est celui des liens internationaux. « L'immigration fait beaucoup pour l'insertion dans l'économie mondiale, commente Hillel Rapoport. Si une entreprise cherche à se développer dans tel ou tel pays, elle a tout intérêt à employer des gens originaires de ce pays, connaissant la langue, le marché, la culture, etc. » En un mot, les immigrés peuvent être des ponts très efficaces entre pays.

Mobilité intergénérationnelle

À cet égard, l'attitude française, qui tend à « subir l'immigration de manière passive, comme un fardeau qu'il faudrait contenir, empêche d'en tirer tout le bénéfice possible », relève Jérôme Valette. En comparaison avec des pays comme le Canada, l'Australie, ou encore le Royaume-Uni, la France, par exemple, retient peu les étudiants étrangers sur son sol, soulignent les chercheurs, qui y voient pourtant un vivier intéressant d'immigration qualifiée. « Il n'y a pas besoin de réfléchir à des dispositifs compliqués, lance Hippolyte d'Albis. Faisons en sorte que ceux qui sont venus et qui réussissent leurs études puissent s'installer dans de bonnes conditions. »

Envisager les effets de l'immigration sur le long terme demande enfin de s'interroger sur le parcours des enfants d'immigrés. À ce sujet, « les études montrent qu'il y a une mobilité intergénérationnelle ascendante plus importante chez les immigrés que chez les natifs », souligne Hillel Rapoport. Si la première génération est plus pauvre (en raison d'une éducation moindre, d'une moins bonne maîtrise de la langue, de la discrimination...), les travaux de recherche montrent que la seconde génération réussit souvent mieux que les enfants des natifs à atteindre une position sociale plus élevée que celle de leurs parents. Une autre piste de réflexion, pour l'économiste, qui constate : « La France a une moins bonne mobilité intergénérationnelle de ses immigrés que l'Allemagne, par exemple. Cela ne vient pas seulement de leurs qualifications ou du pays d'origine. Les politiques d'intégration, qui mettent les immigrés ou pas sur les bons rails, font aussi la différence. » L'économie ne peut être complètement dissocié du politique. ●

1. Unité CNRS/Université Paris Nanterre.

2. Le taux de fécondité est de 2,3 enfants pour les femmes immigrées et 1,7 pour les natives. Ces enfants, nés en France, ne relèvent plus de la catégorie « immigrés ».

3. La période, représentative, inclut le rebond de l'immigration observé depuis l'année 2000 en France comme en Europe. Lire aussi l'interview p. 27.

POUR ALLER PLUS LOIN

L'Impact de l'immigration sur le marché du travail, Anthony Edo et Hillel Rapoport, 141 pages, Les Presses de Sciences Po, 2025.

Impact de l'immigration sur la population, la productivité du travail et les investissements dans les pays de l'OCDE, Banque centrale européenne : tinyurl.com/immigration-impact (en anglais)

FAITS ET CHIFFRES DE L'IMMIGRATION EN FRANCE

Étranger, immigré, quelle différence ?

Les termes « étranger » et « immigré », ne renvoient pas à la même réalité statistique. Petites définitions pour s'y retrouver. À noter qu'en démographie, les chiffres absolus ne suffisent pas à décrire une réalité, c'est pourquoi on parle toujours en proportion de la population totale du pays concerné.

ÉTRANGER

Personne qui ne possède pas la nationalité française. La France compte 6,3 millions d'étrangers, soit 9,1 % de sa population.

IMMIGRÉ

Selon l'Insee

Personne née étrangère à l'étranger (y compris les étrangers ayant ensuite obtenu la nationalité française). La France compte 8 millions d'immigrés, soit 11,6 % de sa population. 33 % ont la nationalité française.

Selon l'ONU

Toute personne née à l'étranger, y compris les Français nés à l'étranger (ce qui inclut notamment les rapatriés d'Algérie).

Au sens de l'ONU, la France compte 9,6 millions d'immigrés, soit 13,9 % de sa population. C'est ce chiffre qui est retenu dans les comparaisons internationales.

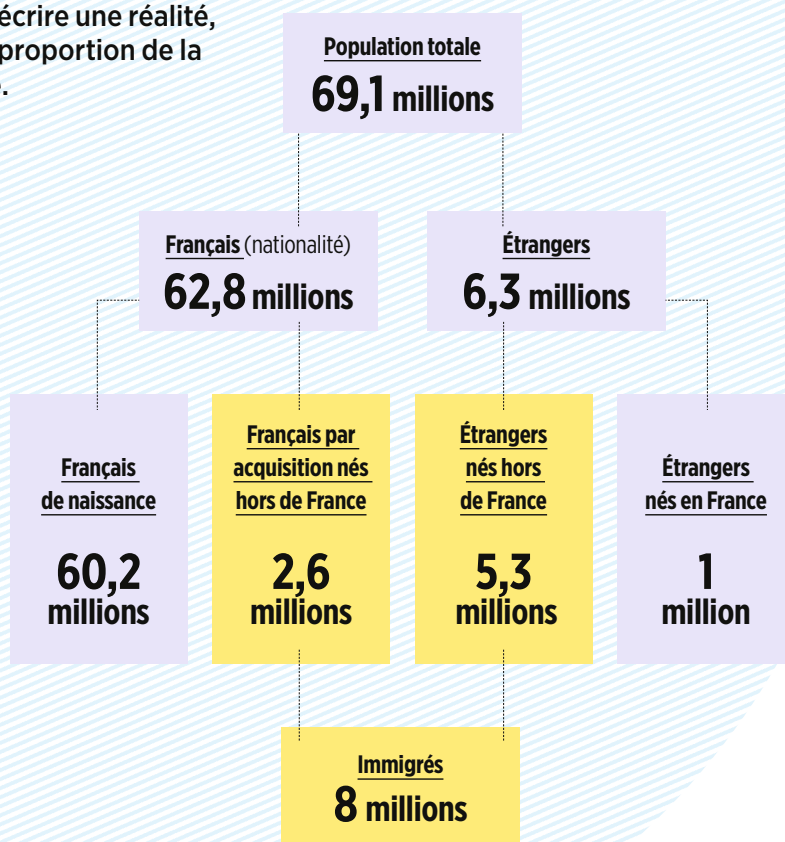
32%

d'Européens

Les Européens représentent 32 % des immigrés en France.

Les trois quarts sont originaires d'un pays de l'Union européenne.

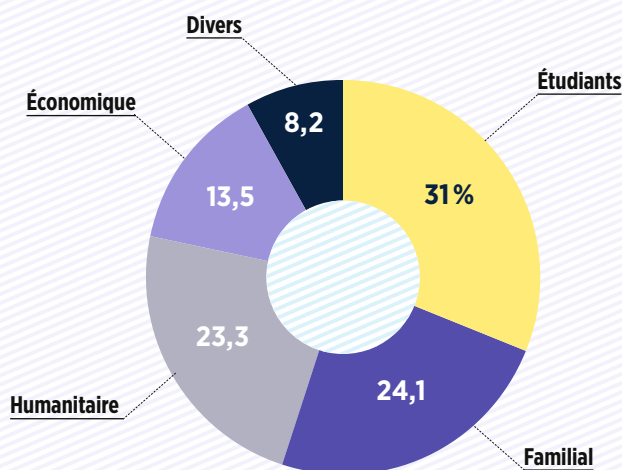
(Année 2023. Source : Insee première)



POPULATION TOTALE EN 2025, MÉTROPOLE ET OUTRE-MER (Source : Insee)

Étudier, le premier motif d'immigration

377 462 premiers titres de séjour ont été délivrés en 2025. Les étudiants étrangers représentent le premier motif de délivrance d'un premier titre de séjour en France, avec 31 % du total. Suivent les raisons familiales (familles d'étranger et familles de français à parts égales) et humanitaires.



MOTIF DE DÉLIVRANCE DES PREMIERS TITRES DE SÉJOUR EN 2025, EN FRANCE MÉTROPOLITAINE

(En pourcentage. Source : ministère de l'intérieur)

35^e rang mondial

Avec 13,9 % d'immigrés (au sens de l'ONU), la France se situe au 35^e rang mondial des pays d'accueil. Devant elle, on retrouve les pays du Golfe (Qatar 77 %, Émirats arabes unis 74 %), Singapour (49 %), ou encore l'Australie (30 %) ... En Europe*, la France occupe la 17^e place, derrière le Luxembourg (51 %), la Suisse (31 %), la Belgique et l'Allemagne (20 % chacun) ou encore le Royaume-Uni (17 %).

* Espace économique européen + Royaume-Uni

Réfugié ou demandeur d'asile ?

DEMANDEUR D'ASILE

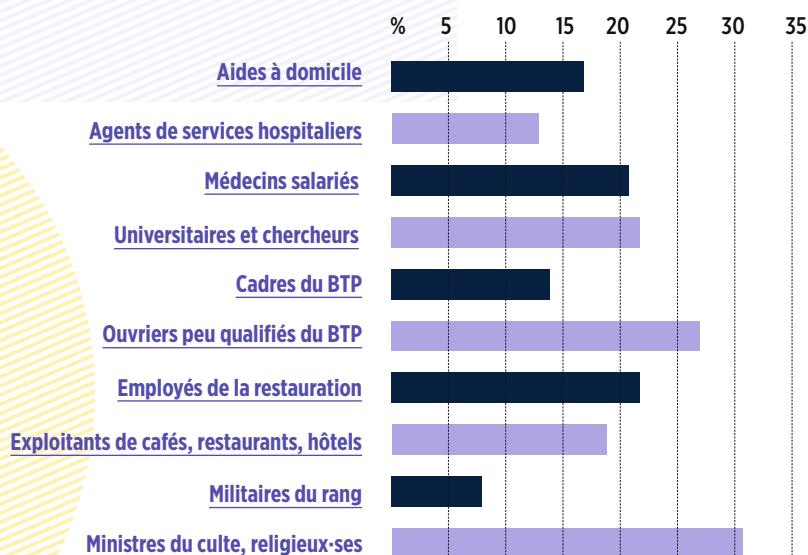
Étranger qui sollicite une protection internationale en dehors de son pays (pour échapper à la guerre ou aux persécutions, ou pour des motifs religieux ou politiques, notamment). La convention de Genève sur le droit d'asile (1951) prévoit que le demandeur d'asile ne peut pas être puni s'il est entré illégalement sur le territoire pour faire sa demande.

RÉFUGIÉ

Étranger qui a fui son pays et s'est vu attribuer le statut de réfugié par le pays d'accueil, après examen de sa demande d'asile. Tout réfugié commence donc par être un demandeur d'asile.

Des immigrés très présents dans le BTP... et la santé

Le BTP, la santé et la restauration figurent parmi les secteurs qui recourent le plus aux immigrés. Au total, les immigrés représentent 12 % de la population active.



PROPORTION D'IMMIGRÉS DANS UNE SÉLECTION DE PROFESSIONS

(Source : Insee 2022)

LES FRANÇAIS FACE À L'IMMIGRATION

En matière d'immigration, les sondages récents se suivent et *a priori* se ressemblent, dressant le portrait de Français en majorité hostiles à l'arrivée de migrants sur le sol hexagonal. Un sondage Odoxa pour *Le Figaro* publié en janvier 2026 rapporte ainsi que « 70 % des Français pensent qu'il y a trop d'immigrés dans le pays ». La société est-elle devenue intolérante au phénomène migratoire ? Comment évaluer le degré d'acceptation des populations ?

Les enquêtes scientifiques internationales montrent un visage plus nuancé de l'opinion sur la question. Répétées à intervalles réguliers, elles interrogent les citoyens sur un large éventail de sujets, afin de mesurer leurs opinions, croyances, valeurs et comportements. Or, en replaçant l'immigration dans un contexte plus général, ces enquêtes soulignent un point important : la préoccupation vis-à-vis de l'immigration, en France, comme à l'échelle européenne, n'arrive pas en premier dans la hiérarchie des préoccupations déclarées.

« Dans la dernière édition de l'Eurobaromètre¹, les Français citent d'abord le coût de la vie (48 % des réponses), la santé (23 %), l'environnement/le changement climatique (20 %) ou la situation économique (13 %) comme problèmes importants auxquels leur pays doit faire face. L'immigration arrive après, avec 8 % des réponses », indique Hélène Thiollet, politiste et géographe au Centre de recherches internationales (Ceri)².

Une acceptation croissante

Ce résultat conforte l'analyse des 20 000 cahiers de doléances qui ont recueilli la parole spontanée des Français après la crise des Gilets jaunes. « Le thème de l'immigration y apparaît extrêmement peu », signale Swanie Potot, sociologue à l'Unité de recherche Migrations et société³, qui s'est concentrée plus particulièrement sur

Comment les Français perçoivent-ils l'immigration ? Au-delà des sondages parfois manichéens, les enquêtes au long cours exploitées par les scientifiques montrent une image plus nuancée de l'opinion sur ce sujet complexe.

✎ STÉPHANIE ARC AVEC LAURE CAILLOCE

les cahiers des Alpes-Maritimes. *Ce qui préoccupe les gens, c'est d'abord leur vie quotidienne, le pouvoir d'achat, les hôpitaux... »*⁴

« Cette idée d'un rejet massif de l'immigration par la population française est erronée, poursuit Hélène Thiollet. S'il est vrai que les attitudes se sont durcies depuis 2020, avec la pandémie de Covid et la guerre en Ukraine, la tendance de long terme est celle d'une acceptation croissante de l'immigration, sans rupture durable autour de la "crise migratoire" de 2015-2016 – crise qui n'a d'ailleurs donné lieu qu'à très peu d'arrivées sur le territoire français », au contraire de ce qui s'est passé dans d'autres pays européens, notamment en Allemagne.

Sur ce point, l'Enquête sociale européenne (ESS), conduite depuis 2002 dans une trentaine de pays européens est sans ambiguïté. Ainsi, « la part des Français qui veulent restreindre l'accueil des immigrés de pays pauvres en Europe a fortement diminué ces vingt dernières années, passant de 50 % en 2002 à 30 % en 2023 [date de la dernière enquête, NdI]. Et, pour les immigrés de même origine raciale ou ethnique que la majorité (terminologie employée par l'enquête), cette part est divisée par plus de deux (de 36 % à 16 %) », précise Hélène Thiollet.

La question « Pensez-vous que l'immigration est un problème ? » induit déjà une réponse.



Selon la même enquête, la perception des effets de l'immigration sur la culture, l'économie et le pays en général s'est elle aussi améliorée sur la même période. Cet effet est désormais jugé (légèrement) positif dans ces trois domaines. L'opinion française sur ce sujet est proche du point médian en Europe – où les opinions les plus négatives sont constatées en Italie et en Hongrie, et la plus positive, en Suède.

Des biais d'interprétation

Ces résultats, en contradiction apparente avec les sondages-choc publiés dans les médias, illustrent la difficulté à photographier l'opinion sur un sujet aussi protéiforme. Plus les questions posées sont générales (« Y a-t-il selon vous trop d'immigrés ? »), plus les biais d'interprétation par la personne interrogée sont importants, soulignent les scientifiques.

« La question "Pensez-vous que l'immigration est un problème ?" induit déjà une réponse, signale Swanie Potot. C'est pourquoi les cahiers de doléances sont si intéressants, car l'on peut y voir de quoi parlent les personnes spontanément, lorsqu'elles ne sont pas orientées par des questions. »

« La question "Avez-vous peur des musulmans ?" ne produit pas le même effet que "Pensez-vous que la diversité culturelle et religieuse est une bonne chose pour votre pays ?", renchérit Hélène Thiollet. En l'occurrence, un enquêté peut tout à fait répondre "oui" aux deux questions ! »

Surtout, « l'attitude envers l'immigration n'est pas monolithique, elle est composée de plusieurs réalités qu'il est important de déplier pour bien saisir le sentiment que celle-ci génère », ajoute la politiste. Aujourd'hui, la perception d'une menace pour les valeurs et l'identité du groupe majoritaire inquiète davantage les répondants dans leur ensemble que les questions liées à l'emploi, →

par exemple. De même, les attitudes varient fortement selon les catégories de migrants évoquées : l'immigration de travail qualifiée et intra-européenne est mieux acceptée que l'immigration perçue comme irrégulière ou issue de pays pauvres hors d'Europe.

L'Eurobaromètre le montre bien : à 80 %, les Français s'y déclarent pour la libre circulation des citoyens de l'Union européenne, qui peuvent vivre, travailler, étudier et faire des affaires partout dans l'UE. Or ces Européens représentent à eux seuls plus du quart de l'immigration sur le sol français...

Olivier Clochard, directeur du laboratoire Migrinter⁵, rappelle que « les questions posées par les sondages sont sans mise en contexte, ce qui peut biaiser les réponses parce que les gens connaissent très mal les réalités migratoires. Il y a un décalage notoire entre ce que la population croit, ce qui est dit par les médias ou les politiques, et la réalité des situations. »

Pour preuve, lorsqu'on les interroge, les Français ont tendance à surestimer le nombre des immigrés en France métropolitaine. Ils estiment en moyenne qu'un habitant sur quatre est immigré, or 11,6 % de la population est



Interview du Président Emmanuel Macron diffusée sur France 5 en décembre 2023, à la suite de l'adoption de la loi « pour contrôler l'immigration, améliorer l'intégration ».

© LUDOVIC MARIN / AFP

immigrée (telle que définie par l'Insee). De même, près des trois quarts des Français croient que moins de la moitié des immigrés occupent un emploi, quand leur taux d'activité est en réalité de 63 %, encore selon l'Insee.

L'influence de la couverture médiatique

Faute d'une réelle connaissance du sujet, le traitement médiatique et politique compte pour beaucoup dans la formation des opinions. « La couverture médiatique – thèmes choisis, et récurrence de ceux-ci – précède souvent l'augmentation de la perception du sujet comme un problème public », confirme Hélène Thiollet. Ainsi, l'attention est démultipliée sur l'immigration illégale alors que celle-ci représente une part infime du phénomène migratoire en France (voir interview pages suivantes).

Selon Hélène Thiollet, le débat public repose souvent sur deux figures polarisantes des immigrés : celle de la menace et celle de la victime, « sachant que la presse construit les crises migratoires comme des crises de migration irrégulière plutôt que comme des crises d'asile de réfugiés. J'ajoute qu'il manque une troisième figure, la plus fréquente statistiquement : celle des trajectoires ordinaires d'installation, de mobilité sociale et d'intégration des immigrés appartenant aux classes moyennes. » ●

+ UN RÉSEAU DE SOLIDARITÉS

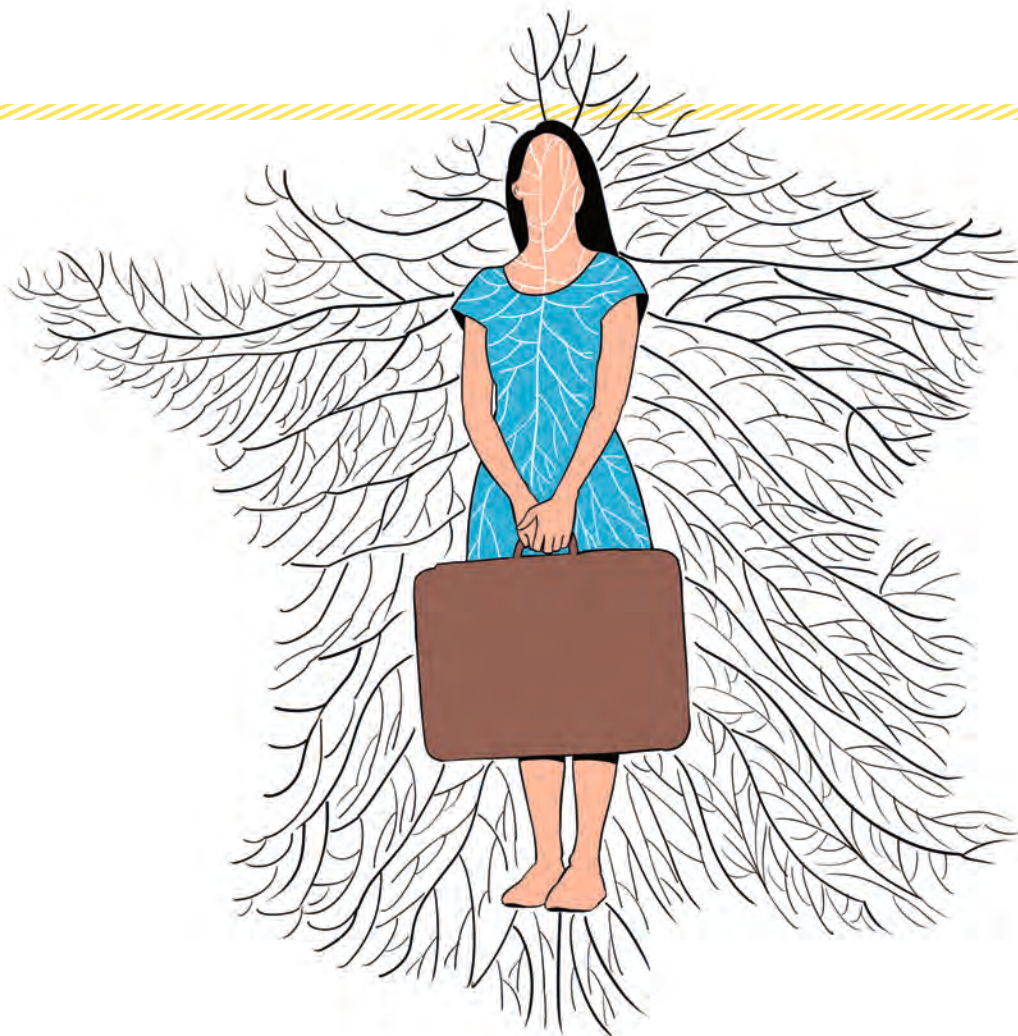
« Que ce soit à la frontière entre la France et l'Italie, entre la Biélorussie et la Pologne..., des milliers de personnes en Europe s'engagent dans des actions de solidarité envers les migrants », raconte la sociologue Swanie Potot. Et donnent à voir une autre attitude que celle du rejet. « Le Réseau éducation sans frontières (RESF), constitué de parents d'élèves et d'enseignants, est particulièrement actif dans les écoles et auprès des enfants de migrants », cite la chercheuse. « Nombreux sont aussi les

mouvements citoyens locaux qui se forment spontanément », raconte William Berthomière, directeur de chercheur CNRS au laboratoire Passages, en citant l'exemple du village ariégeois de Massat. Un homme originaire de République démocratique du Congo y était accueilli depuis deux ans avec ses trois enfants lorsqu'il a été débouté de sa demande d'asile et menacé d'expulsion. « À chacune de ses convocations à la gendarmerie, puis au tribunal administratif de Toulouse, il a été accompagné par plus de 80 villageois », relate le chercheur.

1. Selon l'Eurobaromètre 2023. 2. Unité CNRS/Sciences Po Paris. 3. Urmis, unité CNRS/IRD/Univ. Côte d'Azur/Univ. Paris Cité. 4. À l'échelle nationale, la revalorisation des retraites, les déserts médicaux ou la mobilité en milieu rural sont d'abord évoqués : tinyurl.com/cahiers-immig 5. Migrations internationales, espaces et sociétés, unité CNRS/Univ. de Poitiers.

POUR ALLER PLUS LOIN

Institut Convergences Migrations, rubrique
« Désinfox-Migrations » : www.icmigrations.cnrs.fr/



© EYMANUEL POLANCO / COLAGNE POUR LE CNRS

« IL Y A UN DÉCALAGE ENTRE LES STATISTIQUES ET LE DÉBAT PUBLIC »

François Héran, qui a occupé jusqu'en 2025 la chaire Migrations et sociétés au Collège de France, et Olivier Clochard, directeur du laboratoire Migrinter, soulignent l'importance de mieux faire connaître le fait migratoire. Interview croisée.

➡ PROPOS RECUEILLIS PAR LAURE CAILLOCE

Quelle est l'évolution de l'immigration en France ces dernières décennies ?

FRANÇOIS HÉRAN Après la période de reconstruction de l'après-guerre, qui a fait appel à de nombreux travailleurs immigrés, l'immigration a stagné en France à partir de 1974 et de la crise pétrolière, plafonnant à un taux de 8 %. Elle est en progression depuis les années 2000, et les immigrés représentent aujourd'hui 11,6 % de la population française. Contrairement à une idée reçue, nous ne sommes

pas le pays le plus attractif d'Europe. Les statistiques internationales le montrent clairement : l'immigration a augmenté deux fois moins vite en France que la moyenne européenne ces 20 dernières années¹. Il y a un vrai décalage entre le débat public et la réalité des chiffres.

En réalité, l'immigration a progressé partout dans le monde, pour plusieurs raisons. D'abord, les conflits récents (Ukraine, Soudan...) frappent toujours plus les populations →

civiles. Ensuite, il y a davantage de pays qui se situent désormais à mi-chemin de l'échelle du développement. Or ce sont ces pays-là (Maghreb, Balkans, Caucase...) qui émigrent le plus. La « misère du monde » migre peu – il faut en effet des ressources pour le faire.

OLIVIER CLOCHARD Il est important de replacer le phénomène migratoire à l'échelle de la planète. Selon l'ONU, 3,7 % seulement de la population mondiale est concernée par la migration vers un autre pays – le plus souvent, c'est un pays voisin, comme la Pologne pour les Ukrainiens.

En réalité, la majorité des gens qui migrent le font à l'intérieur de leur pays. En 2018, au plus fort de la crise syrienne, on comptait ainsi 7,6 millions de déplacés internes en Syrie pour 5 millions d'exilés réfugiés au Liban, en Turquie, en Jordanie et en Arabie saoudite principalement.

Pourquoi les statistiques sont-elles importantes pour saisir le fait migratoire ?

F.H. On ne peut pas évaluer l'ampleur de l'immigration en misant sur la statistique « spontanée », comme l'appelait Bourdieu – le spectacle de la rue ne suffit pas, car les situations sont trop diverses. Seuls les recensements et les enquêtes peuvent offrir une vision d'ensemble à l'échelle nationale et internationale. Par chance, les statistiques ont beaucoup progressé ces 20 dernières années, en France comme ailleurs. En France, par exemple, les demandes de titres de séjour sont très bien répertoriées depuis le milieu des années 1990.

L'immigration a augmenté deux fois moins vite en France que la moyenne européenne.

Auparavant, il y avait des doublons, car les personnes pouvaient déposer un dossier dans plusieurs préfectures. La statistique publique est un bien commun qui doit être accessible à tous.

o.c. Seule vraie lacune, aujourd'hui : si on a une bonne vision des entrées sur le territoire, en revanche, on a beaucoup de mal à chiffrer les sorties, car les gens ne se déclarent pas forcément lorsqu'ils quittent le pays. Les enquêtes annuelles du recensement permettent de faire des estimations qui comblent en partie ce manque.

L'immigration illégale focalise beaucoup le débat ces temps-ci... Est-il possible de la chiffrer ?

F.H. De façon indirecte seulement. En France, il est d'usage de l'estimer à partir des données de l'aide médicale d'État (AME), réservée aux personnes sans papiers, qui s'établissait à 480 000 bénéficiaires en 2025. Si l'on majore ce chiffre de 30 % pour tenir compte du non-recours aux soins, la France compterait près de 600 000 irréguliers sur 6 millions d'étrangers, soit environ 10 %.

Là encore, le décalage est patent avec les enquêtes d'opinion. Une majorité d'Européens pensent en effet que l'immigration illégale est supérieure à l'immigration légale.

o.c. Au terme d'« immigration illégale », je préfère celui d'« immigration irrégulière »,

car être sans papiers n'est pas un délit au sens pénal. Il est important de rappeler que certaines de ces personnes en situation irrégulière sont des personnes entrées légalement sur le territoire, qui basculent dans l'irrégularité pour des questions de procédure. Les dysfonctionnements de la plateforme Administration numérique pour les étrangers en France (Anef), mise en place en 2019 pour mettre fin aux files interminables devant les préfectures, génèrent ainsi de nombreux « irrégularisés ». En mai 2026, le Conseil d'État a chiffré à 930 000 le nombre de demandes en attente, avec des délais de traitement pouvant aller jusqu'à neuf mois et des conséquences parfois dramatiques pour les personnes : perte de l'emploi, du logement parfois. En réalité, il n'y a pas de différence de nature entre les immigrés légaux, d'un côté, et les illégaux, de l'autre.

Une question pour le démographe : l'immigration peut-elle contrer le vieillissement des pays occidentaux ?

F.H. C'est la question que s'est posée la division Population de l'ONU dans un rapport publié en 2000.



FRANÇOIS HÉRAN
Démographe,
il a occupé la
chaire Migrations
et sociétés au
Collège de France
jusqu'en 2025



OLIVIER CLOCHARD
Géographe,
directeur du
laboratoire
Migrinter



Arrivée de familles ukrainiennes à Saint-Gilles-Croix-de-Vie (Vendée), en mars 2022. Elles ont été accueillies par plusieurs familles vendéennes.

© JÉRÔME FOUQUET / PHOTOGRAPHIE / OUEST FRANCE / MAXPPP

pour parler de ces questions-là à bâtons rompus et répondre à leurs interrogations.

F.H. J'ai été invité à plusieurs reprises dans des instances politiques pour partager mes résultats, sans grand effet. Les politiques voient les chercheurs comme un lobby parmi d'autres et semblent accorder plus d'importance aux sondages d'opinion qu'aux faits établis.

Quant aux citoyens, il est important de ne pas leur faire de leçon de morale. Il faut évoquer leur environnement familial, leur expérience personnelle. Pour la majorité des populations sondées en Europe, il y a trop d'immigrés, ils ne font pas assez d'efforts pour s'intégrer, on ne se sent plus chez soi dans son pays... Mais si vous demandez dans quel secteur ils sont de trop, le taux de rejet fond littéralement. Un sondage du Credoc² réalisé en mars 2025 a montré que les deux tiers des Français ne voient pas de problème à ce qu'un immigré soit leur collègue ou leur chef, les nourrisse, les soigne, s'occupe de leurs vieux parents... C'est tout le paradoxe : l'immigration n'est pas désirable, mais l'immigré, lui, l'est. La France a une longue histoire de l'immigration, qui remonte au XIX^e siècle. Aujourd'hui, 40 % des Français ont un immigré dans leur ascendance ou sont en couple avec une personne issue de l'immigration³, nous sommes donc tous concernés. ●

1. Sources : ONU (International migrant stock), OCDE (Perspectives sur les migrations internationales).
2. Centre de recherche pour l'étude et l'observation des conditions de vie.
3. Enquête Trajectoires et origines 2026 (Ined/Insee).

POUR ALLER PLUS LOIN

Face à l'immigration, le savant et le politique, François Héran, 152 pages, Éditions du Collège de France, 2026.

L'Immigration en 30 questions, François Héran, 102 pages, La Documentation française, 2026.

Plusieurs scénarios ont été étudiés, avec cette conclusion : si l'immigration peut limiter les baisses de population dans nos pays occidentaux – notamment aux âges actifs –, elle ne peut pas empêcher que la part des personnes âgées augmente.

Ce rapport, mal interprété, est à l'origine de nombreuses controverses, comme celle autour du terme de « remplacement », employé dans le document. En démographie, on dit en effet qu'une génération remplace l'autre... Même chose avec le mot « remigration », qui a un sens précis en démographie : c'est une personne qui migre d'un pays A vers un pays B, puis vers un pays C. Typiquement, un Marocain qui migre d'abord en France, puis décide de partir au Canada. Rien à voir avec le retour forcé au pays d'origine.

On le voit, même le vocabulaire a son importance... Comment la recherche peut-elle mieux faire connaître le fait migratoire ?

O.C. Il faut rendre les statistiques plus accessibles à la population et développer des outils (cartes, atlas) qui montrent ces réalités.

La vulgarisation peut passer par des tas de médiums, comme le projet « Atlas Cinéma », que le laboratoire Migrinter a conçu avec les artistes de la compagnie Étrange miroir : c'est une grande cabine de projection que l'on installe dans l'espace public, afin de toucher le maximum de monde, et qui permet de projeter sur les façades des bâtiments des créations mêlant mémoire, récits de vie et cartographies sensibles sur les migrations. On l'a fait sur la façade de l'hôtel de ville de Poitiers et dans plusieurs autres villes, à l'occasion des 40 ans de Migrinter, l'année dernière.

Le véritable défi, c'est de toucher des gens au-delà du cercle de ceux qui sont déjà sensibilisés. Il est aussi important de donner des clés de compréhension aux médias, car très peu ont des journalistes spécialisés sur la question migratoire, qui est complexe. Quant aux responsables politiques, c'est plus compliqué... Dans le cadre d'un programme de recherche sur l'immigration en milieu rural, nous avons pour projet d'aller à la rencontre des élus de ces communes et de leurs habitants,



© COLLECTION ROGER-VIOLETT / ROGER-VIOLETT

← Défilé au stade Buffalo, à Montrouge, le 14 juin 1936, une semaine après la signature des accords de Matignon.

QUAND 1936 INVENTAIT LA GRÈVE GÉNÉRALE

PRINTEMPS 1936, les machines se taisent dans des milliers d'usines françaises. Les grèves se multiplient dès la mi-mai dans la plupart des grandes régions industrielles, notamment à Saint-Nazaire, Lille, Toulouse, Le Havre ou la région parisienne. Employés des bijouteries, des boucheries, ouvriers du bâtiment, chauffeurs de taxi... dénoncent les «abus» subis depuis la crise économique. À partir du 27 mai, les grèves deviennent massives en se généralisant dans les usines automobiles et aéronautiques de la région parisienne. La semaine suivante, les conflits sont si nombreux, partout sur le territoire, qu'on peine à les recenser. Du jamais-vu dans l'Hexagone.

Inédit par son ampleur, le mouvement l'est aussi par sa forme. En 1936, c'est la grève «sur le tas», soit l'occupation du lieu de travail, qui s'impose. «À la fin du XIX^e siècle, les grèves se déroulaient majoritairement hors de l'usine, raconte Théo Bernard¹, historien et attaché temporaire d'enseignement et de recherche à l'IEP de Grenoble. C'était une "fuite hors de l'usine", pour reprendre les termes de l'historienne Michelle Perrot. À la Belle Époque, la loi interdisait même formellement d'être sur place durant un mouvement de grève.» En 1936, au contraire, les travailleurs et travailleuses se mettent à l'arrêt, mais demeurent dans les ateliers. Tout un symbole.

«En réalité, des "grèves sur le tas" ont émergé tout au long des années 1930 dans divers secteurs industriels», détaille l'historien. Mais ces occupations d'usine éclataient en réaction à des licenciements, à des baisses de salaire, ou encore à une dégradation des conditions de travail. Surtout, elles restaient ponctuelles, limitées à quelques sites, et concernaient essentiellement la métallurgie. «En 1936, au contraire, on assiste à un mouvement de masse, qui gagne une vaste partie du territoire hexagonal

À l'occasion des 90 ans du Front populaire, retour sur les grèves massives qui ont suivi la victoire de l'union des partis de gauche aux élections législatives de 1936. Premier mouvement de cette ampleur en France, il vit près de deux millions de salariés cesser le travail.

⇒ **FABIEN TRÉCOURT**

en seulement quelques semaines.» En cumul, environ deux millions de salariés cessent le travail, et près de 12 000 établissements sont touchés.

Une révolte spontanée

Le mouvement surprend d'autant plus qu'il survient juste au moment d'une victoire de la gauche aux élections législatives. Le 3 mai 1936, le Front populaire (alliance des socialistes, communistes et radicaux) a obtenu la majorité à la Chambre des députés. Pour l'historienne Danielle Tartakowsky, ce paradoxe n'est qu'apparent : «C'est précisément parce que la gauche est victorieuse que des grèves se développent. Les ouvriers y voient une opportunité unique de faire enfin passer leurs revendications».

Après des années de conflits sociaux durement réprimés, beaucoup ont le sentiment que le rapport de force a changé. Comme le résume, à l'époque, la philosophe Simone Weil dans une revue syndicaliste révolutionnaire : «Chaque ouvrier, en voyant arriver au pouvoir le parti →

“ **Après des années de conflits sociaux durement réprimés, beaucoup ont le sentiment que le rapport de force a changé.**

→ *socialiste, a eu le sentiment que, devant le patron, il n'était plus le plus faible. La réaction a été immédiate*». Mais, si la victoire du Front populaire agit comme un déclencheur, les fermentations de la révolte sont là depuis longtemps.

«Dès les années 1920, rappelle Danielle Tartakowsky, de nombreux secteurs industriels (automobile, métallurgie, chimie...) ont connu une profonde transformation de l'organisation du travail. » Suivant les modèles nord-américains du fordisme et du taylorisme, les processus ont été rationalisés pour accélérer les cadences. Des tâches complexes, autrefois réalisées par des ouvriers qualifiés, sont découpées en opérations simples et répétitives, et confiées à des travailleurs spécialisés.

La crise économique de 1929 renforce encore cette tendance. De nombreuses entreprises licencient les ouvriers étrangers et recourent au chômage partiel ; pour maintenir leur compétitivité, elles cherchent à accroître leur productivité malgré des effectifs réduits.

«Cette évolution s'est accompagnée d'une surveillance plus étroite et d'une discipline renforcée, ajoute Théo Bernard. Les rythmes de travail sont plus soutenus, les primes conditionnées à la performance et les pénalités pour des retards ou erreurs sont fréquentes. » Pour cette raison, les revendications des ouvriers sont d'abord très pragmatiques. Loin d'appeler de leurs vœux

↓ Des salariés de la restauration manifestent à Paris, le 14 juin 1936.



© ARCHIVES SNARK / PHOTO12

un nouvel État social, ils demandent surtout le droit de ralentir, souffler, prendre une pause, s'absenter quelques minutes sans être immédiatement soumis à la sanction – souvent arbitraire... – d'un contremaître ou d'un chronométrateur. «C'est un mouvement de colère spontanée, qui naît dans les ateliers, et surprend d'ailleurs les organisations politiques et syndicales, relève Danielle Tartakowsky. Personne ne l'avait prévu, encore moins planifié. »

Entre joie et peur de la répression

Cette spontanéité contribue à forger l'image d'une «grève joyeuse», également portée par des photographies et films – le plus souvent réalisés par des techniciens eux-mêmes engagés dans le mouvement. On y voit des familles apporter des paniers-repas aux grévistes, des ouvriers jouer

“ Pour la première fois, les travailleurs maîtrisent collectivement un espace et un temps qui leur échappaient d'ordinaire.



← Des grévistes occupent leur usine, le 5 mai 1936. Deux jours plus tôt, le Front populaire a remporté les élections législatives.

aux cartes entre les établis... Des courses à vélo, des matchs de foot, ou encore des bals improvisés sont organisés dans les ateliers. *« Pour la première fois, les travailleurs maîtrisent collectivement un espace et un temps qui leur échappaient d'ordinaire, analyse Danielle Tartakowsky. L'usine n'est plus seulement un lieu où l'on obéit. Elle devient un espace où les ouvriers discutent, s'organisent et affirment collectivement leur existence. »*

Derrière les bals, les repas et les chansons, la peur de la répression patronale reste néanmoins vive. *« Il ne faut pas oublier que les années 1930 sont une période de confrontation, rappelle Théo Bernard. Il y a des bagarres. Les responsables syndicaux, comme les ouvriers pro-patronat, sont bien souvent armés. »*

Dans les archives de l'agence Havas (ancêtre de l'Agence France-Presse), que l'historien a épluchées, 40% des photographies prises en 1936 montrent d'ailleurs des grévistes en train de casser des objets ou signalent en arrière-plan la présence de gardes mobiles – les patrons n'hésitant pas à faire appel à la garde mobile en cas d'arrêt de travail.

Semaine de 40 heures et congés payés pour tous

Pour la plupart, les occupations ne durent pas plus de quelques jours. Mais le mouvement, massif, porte vite ses fruits. *« L'hostilité vis-à-vis des employeurs et des élites*

politiques est extrêmement forte », décrit Théo Bernard. Les employeurs autant que les syndicats se montrent désireux de négocier très rapidement. Les accords de Matignon sont signés dans la nuit du 7 au 8 juin entre le patronat et la CGT, sous l'égide du nouveau chef de gouvernement, Léon Blum.

Les grévistes obtiennent 7 à 15% d'augmentation de salaire, la semaine de 40 heures et 2 semaines de congés payés. Les accords reconnaissent aussi la liberté syndicale, prévoient la création de délégués ouvriers et ouvrent la voie à la généralisation des conventions collectives. Le droit fait irruption dans l'entreprise, où les conditions de travail ne dépendent plus du seul bon vouloir du patron.

Pour autant, ces accords ne mettent pas fin à la mobilisation. Ils ouvrent au contraire une nouvelle phase de grèves et de négociations, entreprise par entreprise, branche par branche. *« Le mouvement de grèves va en réalité se prolonger jusqu'au printemps de l'année 1937, signale Théo Bernard. 1936 est un mouvement de conquête massive, où tout a été arraché loi par loi, atelier par atelier. »*

Des conventions collectives fixent désormais des règles communes à l'ensemble d'une profession en matière de salaire, de conditions d'embauche, de durée du travail, ou encore de procédures de négociation. →

+ LES CADENCES AU CŒUR DES REVENDICATIONS

Dans les années 1920 et 1930, beaucoup d'entreprises adoptent le « système Bedaux », fondé sur le chronométrage des ouvriers et le travail au rendement. Aux mines d'Anzin (Nord), par exemple, la productivité est convertie en « points Bedaux ». Si le mineur atteint le nombre attendu, il touche son salaire normal ; et, s'il fait davantage, le surplus est rémunéré suivant des calculs complexes et finalement peu avantageux pour les employés.

Le « Bedaux » devient un symbole d'exploitation aux yeux des ouvriers. Le cinéaste Jean Renoir le met notamment en scène dans un film électoral réalisé pour le Parti communiste, *La Vie est à nous*, sous les traits de « Brochard, le Chrono », contremaître qui décide si les ouvriers travaillent assez vite à son goût.

→ Les accords de Matignon prévoient, par exemple, la création de délégués ouvriers dans les entreprises, chargés de transmettre les revendications des salariés et de veiller à l'application des nouveaux droits.

« *Le patronat ne sera plus jamais "de droit divin", souligne Danielle Tartakowsky. Les salariés disposent désormais de représentants, d'interlocuteurs reconnus et de moyens institutionnels pour faire entendre leur voix.* » Loin de se réduire à de nouveaux avantages sociaux, les conquêtes de 1936 transforment l'organisation même des rapports de force au sein des entreprises. De 1 million d'adhérents en 1936, la CGT voit ses effectifs monter à 4 millions en 1937!

Le socle de notre État social

Neuf décennies plus tard, les grèves de 1936 demeurent une référence majeure de l'histoire sociale française. Les mouvements ultérieurs, de Mai 68 aux grandes manifestations de 1995, s'en réclament régulièrement. Mais la comparaison a ses limites.

« *Le Front populaire s'inscrit dans une période où les organisations collectives (syndicats, partis, associations...) connaissent une forte dynamique d'adhésion et d'engagement* », rappelle Danielle Tartakowsky. Cet élan contraste avec des formes de mobilisation aujourd'hui plus fragmentées et la relative faiblesse des organisations du mouvement ouvrier.

L'héritage de 1936 n'en demeure pas moins un socle de notre État social et de notre vie en entreprise. Les accords de Matignon, les conventions collectives, les délégués ouvriers, les congés payés ou encore la réduction du temps de



**PARTAGEZ
CET ARTICLE**

+ LE MYTHE DES PREMIERS CONGÉS PAYÉS

Dans les mémoires, l'héritage des grèves de 1936 est associé aux images emblématiques de familles ouvrières partant pour la première fois en vacances au bord de la mer durant l'été 1936.

« *C'est à moitié vrai*, relativise Théo Bernard. *Il existait déjà des congés dans certains secteurs, des horaires aménagés ou d'autres formes de réduction du temps du travail.* » Mais ils étaient davantage octroyés au cas par cas et négociés secteur par secteur, ou entreprise par entreprise. « *Le véritable apport de 1936 est d'avoir généralisé ces dispositifs à des millions de travailleurs.* »

travail ont contribué à transformer durablement les rapports sociaux et professionnels. Si le Front populaire lui-même ne survit guère plus de deux ans, nombre de droits conquis au printemps 1936 traverseront les décennies et structurent encore notre architecture sociale.

Né d'un mouvement spontané que ni les syndicats ni les partis n'avaient anticipé, il montre que les avancées sociales résultent souvent de la rencontre entre une démarche politique et une mobilisation collective. Sans victoire électorale, les grèves n'auraient pas connu la même issue. Et sans action sociale, le Front populaire

– dont le programme électoral, fruit du compromis entre socialistes, radicaux et communistes, était peu ambitieux sur le plan social – n'aurait pas créé les mêmes droits pour toutes et tous. ●

1. Auteur d'une thèse intitulée *Ouvriers et ouvrières en grève dans les crises des années 1930*.



© LAPI / ROGER-VIOLETT

← La plage de Sainte-Adresse, à côté du Havre, vers 1936-1937, après que les salariés ont obtenu deux semaines de congés payés par an.

© THIERRY STEFANOPOULOS / REA

L'encyclopédie collaborative en ligne fête ses 25 ans. Ses 204 millions de pages font de Wikipédia le plus grand ouvrage numérique de tous les temps. Mais la circulation des *fake news* et les assauts de l'intelligence artificielle la menacent, explique le spécialiste Jérôme Hergueux.

➤ PROPOS RECUEILLIS PAR MARC HERRMANN

Wikipédia face à la menace des IA

La fondation de Wikipédia, il y a 25 ans, a constitué une vraie révolution, selon vous. Pourquoi ?

JÉRÔME HERGUEUX Wikipédia a inauguré un mode de production totalement inédit. Avant Internet, coordonner des milliers de personnes sans hiérarchie était impossible. Les coûts de coordination étaient trop élevés. Il fallait des associations, des États, des entreprises, bref, une hiérarchie formelle pour agir en commun... Avec le numérique, on a pu inventer des organisations plates, horizontales, décentralisées.

Wikipédia, le logiciel libre, l'IETF [Internet Engineering Task Force, organisation à but non lucratif qui gère les standards d'Internet, Ndlr], tous ces systèmes fonctionnent sans chef formel, par consensus délibératif.

Ce modèle sans droit de propriété exclusif, décentralisé et ouvert excelle quand il s'agit de délibérer, d'innover, de créer de l'information et du consensus. En revanche, il a du mal à coordonner des investissements lourds comme l'infrastructure technique ou les services juridiques. C'est là que les structures hiérarchiques formelles comme les fondations, les associations, voire les États ont un rôle à jouer pour stabiliser un modèle économique viable.

Dans votre essai *Wikipédia, ou Imaginez un monde*¹, vous prenez l'exemple de la fuite d'informations militaires considérées comme « sensibles » sur Wikipédia pour preuve de cet aspect totalement décentralisé. De quoi s'agit-il ?

↑ Le logo de Wikipédia, lors de l'exposition « Évolutions industrielles », à la Cité des sciences et de l'industrie, à Paris, en 2022.

J. H. Quand des informations jugées sensibles ont été publiées sur Wikipédia, les services secrets français ont convoqué le président de Wikimedia France en lui disant : « Retirez ça tout de suite ! ». Sauf que... il n'en a pas le pouvoir. Le contenu est géré par la communauté, et par personne d'autre. La Fondation Wikimedia peut, en cas de problème légal majeur, supprimer ou modifier →

© SAL RAJAH / COMMONS WIKIMEDIA-CCO



JÉRÔME HERGUEUX
Chercheur CNRS au Bureau d'économie théorique et appliquée (Beta, unité CNRS/Inrae/Université de Lorraine/Université de Strasbourg).

une page, mais c'est extrêmement rare et fait d'une main tremblante. D'ailleurs, dans ce cas précis, des contributeurs belges ont remis en ligne presque immédiatement le contenu supprimé par les autorités. En l'occurrence, les rôles sont clairs : la communauté des contributeurs gère le contenu et la Fondation Wikimedia soutient le travail de la communauté, sans y intervenir directement.

C'est cela, la force de Wikipédia. Personne ne la contrôle et, comme elle appartient à tout le monde, personne ne peut l'acheter. Cela signifie que les États ou les milliardaires comme Elon Musk ne peuvent pas y imposer leur volonté. C'est un système décentralisé et donc résilient face aux intérêts particuliers.

Pourtant, on entend souvent dire que Wikipédia est manipulée, voire attaquée...

J.H. Bien sûr, il y a des tentatives de manipulation. Par exemple, on sait que le gouvernement russe a longtemps payé des contributeurs pour influencer les articles. Mais, pour une large part, cela ne fonctionne pas de façon efficace. Pourquoi ? Parce que Wikipédia est autorégulée à partir de règles strictes : neutralité du point de vue, obligation de sourcer, interdiction d'attaques personnelles. Tout est discuté, tracé, réversible. Un article manipulé sera rectifié par un autre contributeur, puis arbitré dans le cadre d'une recherche de consensus. Et les règles éditoriales pousseront *in fine* la vérité des sources secondaires dans l'article en ligne.

Bien entendu, cela ne fonctionne que tant qu'une masse critique et diverse de contributeurs s'intéresse à la question traitée. Si tel n'est pas



Wikipédia n'a pas d'équivalent en termes de fiabilité et d'exhaustivité de l'information.

le cas, une petite minorité motivée peut effectivement contrôler le contenu d'un article à son profit.

Qui attaque Wikipédia et pourquoi ?

J.H. La Chine bloque complètement Wikipédia depuis 2019. Après avoir tenté en vain d'infiltrer la communauté des contributeurs, la Russie a déployé RuWiki en 2023 pour diffuser des contenus conformes à sa propagande d'État. C'est dire la menace que fait peser sur les régimes autoritaires leur société civile en réseau ! Ces États cherchent à empêcher l'accès à des informations alternatives ou critiques envers le pouvoir en place, ou encore à réécrire l'histoire des Ouïgours, de l'Ukraine ou du génocide arménien.

En général, ces régimes cherchent d'abord à contrôler les médias nationaux, à influencer les médias internationaux et s'attaquent en dernier lieu à l'encyclopédie libre Wikipédia, véritable « boss de fin » de la liberté d'expression. Je parle ici de « boss de fin » dans le sens où il s'agit du dernier adversaire dans un jeu vidéo. C'est généralement le plus puissant et le plus difficile à vaincre, mais c'est aussi celui qu'on affronte quand on a vaincu tous les autres adversaires. Donc, quand on en arrive à attaquer Wikipédia, ça veut dire que la société est mal partie sur le plan de la liberté d'expression.

L'intelligence artificielle, par son omniscience, apparaît comme un ogre de l'accès et de la course à l'information. Les IA dépendent-elles aussi de Wikipédia ?

J.H. Oui, de manière existentielle, mais on y prête peu attention. Comme pour tous les logiciels libres, il n'y a pas chez Wikipédia – par essence – de modèle économique basé sur la recherche du profit. Wikipédia et les outils *open source* n'entrent pas dans les bilans comptables ni dans les programmations annuelles. Ils sont donc absents des débats publics, invisibilisés ;

personne ne s'en préoccupe. Un peu comme l'eau potable ou l'air pur, c'est gratuit et largement disponible. Donc on ne s'en préoccupe pas, jusqu'au jour où la source s'épuise.

Et pourtant, ces systèmes libres et ouverts génèrent indirectement des dizaines de milliards de chiffre d'affaires, en plus des innovations majeures qu'ils engendrent. L'IA en bénéficie clairement. Elle se nourrit des données d'entraînement les plus qualitatives d'Internet, dont Wikipédia fait partie avec les données administratives ou les données scientifiques, lesquelles sont fiables, structurées et souvent en libre accès. Wikipédia constitue donc à la fois un pilier de

344
Langues utilisées
sur Wikipédia



© DANIELLE SCRUGGS / THE NEW YORK TIMES / REDUX-REA

l'entraînement des IA, et un garant de la qualité et de l'actualisation de leurs recommandations.

On pourrait donc penser que l'IA consacre l'avènement de Wikipédia en utilisant de manière massive les contributions des wikipédiens ?

J.H. Pour l'instant, c'est l'inverse qui se produit. Les IA génératives ne citent pas systématiquement leurs sources et ne redirigent pas leurs utilisateurs vers Wikipédia. Résultat, ces utilisateurs ne passent plus par Wikipédia. Cela signifie que la communauté des contributeurs peut se tarir et que l'encyclopédie risque de se figer. Pire, l'IA recentralise l'accès à l'information entre les mains de quelques acteurs privés aux objectifs lucratifs très clairs. Or, sans Wikipédia, ces IA vont manquer de bases de données fiables pour s'entraîner. C'est un cercle

vicieux qui risque de menacer, à terme, la pertinence même des informations générées par les IA, et de recentraliser l'accès à la connaissance entre les mains de quelques grands oligarques. Il s'agit là clairement d'un enjeu démocratique important pour nos sociétés.

Quelles sont les pistes pour éviter la dissolution dans les IA de ce bien commun universel qu'est Wikipédia ?

J.H. À long terme, ni les IA ni les moteurs de recherche n'ont intérêt à tarir leur

**655
millions**

**Pages en langue française
vues en janvier 2026**

source d'information la plus fiable et la plus complète. Wikipédia n'a pas d'équivalent en termes de fiabilité et d'exhaustivité de l'information.

En 2015, Google a systématiquement intégré les *infobox* de Wikipédia dans ses résultats de recherche, mais sans attribution. Alerté, Google a rapidement compris ces enjeux et a ajouté un lien vers Wikipédia à chaque fois qu'il utilisait son contenu. Ce référencement donne à la fois du crédit aux informations affichées par Google et redirige le trafic vers Wikipédia si l'internaute souhaite de plus amples informations – ce qui nourrit la communauté des contributeurs. Tout le monde y trouve son compte. Il faudrait idéalement reproduire ce modèle avec l'IA : obligation de citer les sources et de rediriger vers les projets communs.

Vous évoquez une « crise culturelle » liée à Internet. De quoi s'agit-il ?

J.H. Dans les années 2000, on croyait que la société civile en réseau allait révolutionner le monde social et économique : moins d'instances de contrôle centralisées, une information libre, une démocratie renforcée... Puis, Internet, qui était un espace ouvert, a été recloisonné, privatisé, monétisé, très largement par des gouvernements soucieux de leur pouvoir de contrôle et par des entreprises soucieuses de leurs profits. Google, Meta, Amazon, etc., ont repossédé les espaces publics numériques. Aujourd'hui, on est tombé dans la dystopie inverse : « Les réseaux sociaux détruisent nos cerveaux et la démocratie ». En réalité, la technologie est neutre. Tout dépend de la manière dont on l'utilise et dont on la gouverne. Wikipédia prouve qu'un autre modèle est possible. ●

1. J. Hergueux, *Wikipédia, ou Imaginez un monde*, 160 pages, Rue d'Ulm, 2024.

← Des contributrices en herbe apprennent à rédiger et à réviser des articles sur Wikipédia, au Columbia College Chicago.



LONGTEMPS DÉLAISSÉES par la recherche au profit des parties aériennes, les racines sont pourtant indispensables à la survie des végétaux. Elles captent l'eau et les nutriments, mais ancrent aussi les plantes dans le sol. Or les aléas climatiques, de plus en plus fréquents, rendent celui-ci plus compact ou, au contraire, gorgé d'eau. Il revient alors aux racines de faire face pour maintenir la plante en vie. Ainsi, en cas de sécheresse ou de piétinement, comment parviennent-elles tout de même à se frayer un chemin dans des sols moins meubles ? Une équipe internationale, dont plusieurs membres du laboratoire Matière et systèmes complexes¹, s'est penchée sur ces questions.

Les scientifiques ont mis à l'épreuve la plante modèle *Arabidopsis thaliana* (arabette des dames, ou de Thalius). Ils ont fait germer des graines dans des dispositifs de type microfluidiques, qui permettent de manipuler de très petites quantités de liquide dans des microvolumes. Chaque dispositif recelait une seule graine. La racine qui en sortait était contrainte dans un canal large de 0,2 mm lui imposant sa direction de croissance.

« Un hydrogel d'agar plus ou moins dense remplissait le dispositif, décrit le physicien Atef Asnacios. À la sortie, un appareil de micromécanique (le premier au monde de ce type) mesurait la force développée par la racine ainsi que sa résistance à la compression, en la confrontant à une microplaque de verre dont la raideur était connue, comme pour un ressort. » Résultat : après croissance dans le gel dense, la majorité des racines (environ 80 %) se révélaient plus rigides que celles passées par le gel mou.

« En moyenne, elles étaient trois fois plus rigides. Mais nous avons observé une grande variabilité, certaines n'étant pas plus rigides alors que d'autres l'étaient six fois plus, précise Atef Asnacios. Cette diversité de réponses confère peut-être une certaine robustesse à l'espèce face aux aléas. »

D'autres équipes ayant collaboré au projet ont mis en évidence le mécanisme sous-jacent. Lorsque la racine rencontre un milieu résistant, elle se courbe. L'étirement du côté convexe (le côté extérieur de la courbure) est alors perçu par les canaux mécanosensibles (MCA1),

Les effets du changement climatique menacent les végétaux. Alors, sous la surface, leurs racines mettent en œuvre des mécanismes d'adaptation.

✎ JULIE DEGEN

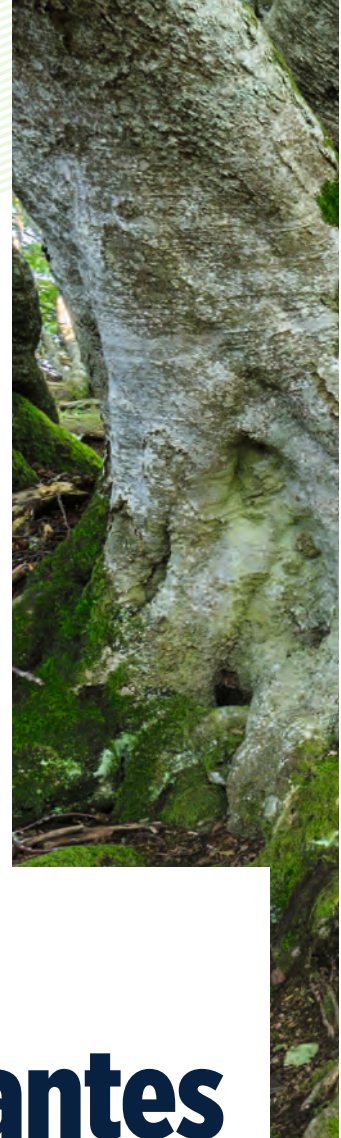
Les racines au secours des plantes

qui s'ouvrent et engendrent une augmentation transitoire du calcium dans les cellules. « Ce mécanisme était connu, rappelle Atef Asnacios, mais l'étude l'a précisé et a mis en évidence son lien avec la rigidification de la racine. » Ce signal calcique active la production par la plante de molécules oxydantes, qui provoquent une rigidification des parois entourant les cellules racinaires du côté convexe, en modifiant leurs liaisons chimiques.

Cependant, des mutants ne produisant pas ces molécules ont été isolés. Atef Asnacios et son équipe ont révélé que, dans ce cas, leurs racines ne rigidifient pas leur paroi en milieu dense. Ce résultat se vérifie également hors des canaux microfluidiques. Il se traduit par un défaut de pénétration des racines dans des gels d'agar denses. « Seuls 35 % des plants mutants réussissaient à entrer, contre quasiment 100 % des sauvages », détaille le chercheur.

De plus, lorsqu'elles étaient cultivées dans un sol compacté, les racines primaires des plants mutants mesuraient presque 1 cm de moins que celles des sauvages : « Les racines des mutants étant plus souples, dès qu'elles rencontrent un obstacle, elles plient ».

“ Les racines perçoivent divers signaux physiques, chimiques et biologiques provenant du sol.





© CAVALIER MICHEL / HEMIS.FR

↑ Forêt de hêtres dans
le parc naturel régional
des Volcans d'Auvergne.

De plus, le mécanisme de rigidification du côté convexe s'imbrique avec celui impliquant l'auxine, une hormone végétale, qui inhibe la croissance côté concave (intérieur de la courbure) afin que la racine suive la gravité. Reste à tester si d'autres espèces sont capables de rigidifier leurs racines en réaction à la résistance mécanique du sol, mais aussi à étudier la vitesse de rigidification, sa durée, et à chercher si la plante « mémorise » cette adaptation.

Rigidifier pour résister ?

Faut-il alors essayer de maximiser la rigidité des plantes pour les préparer au changement climatique ? « Pas forcément, avance Atef Asnacios. Il s'agit pour la plante de trouver un équilibre entre rigidité et flexibilité en fonction du milieu où elle évolue. » Une question de compromis donc, mais qui ne s'applique pas uniquement à la rigidité.

Les racines sont en effet capables de percevoir d'autres signaux du sol. Elles ne constituent pas de simples « tubes digestifs inversés » qui assimilent les nutriments, souligne Christophe Maurel, directeur de l'Institut des sciences des plantes de Montpellier². Elles sont recouvertes d'un microbiote et protégées par une barrière cellulaire interne, l'endoderme.

« Les racines perçoivent divers signaux physiques, chimiques et biologiques provenant du sol, les interprètent, puis transmettent ces informations au reste du végétal », explique le chercheur. Elles sont ainsi capables de percevoir la gravité, la présence d'eau, d'ions comme le sodium ou le potassium, d'oxygène, de nutriments comme les nitrates et de métaux comme le fer. Les informations collectées sont transmises au reste du système racinaire, ainsi qu'à d'autres parties de la plante. Par exemple, les feuilles sont averties en cas de déficit hydrique.

« La communication repose sur des signaux comme la pression, sur des hormones végétales, mais aussi sur de petites protéines et des ARN, observe Christophe Maurel. Chez les plantes, il n'existe pas de système de contrôle centralisé, comme le cerveau chez les animaux. L'intégration des signaux est décentralisée, entre tiges et racines, et les flux d'eau, de nutriments ou de métabolites sont ajustés pour répondre aux besoins locaux ou généraux de la plante. »

« Les racines intègrent ainsi l'hétérogénéité du sol et la disponibilité locale de ses composants, ajoute le chercheur, puis mettent en place des ajustements à court ou plus →

→ long terme. Par exemple, elles peuvent activer ou non leurs transporteurs de nitrate en fonction de sa concentration dans le sol et des besoins de la plante.»

Christophe Maurel évoque également une étude menée par son équipe sur la réaction des racines aux fortes précipitations³ : «Lorsqu'un sol est inondé, les racines souffrent d'un manque d'oxygène susceptible de menacer leur survie, donc celle de la plante. Elles peuvent alors activer un gène entraînant un mécanisme limitant l'entrée d'eau dans les cellules».

Mais les racines «peuvent aussi exprimer un gène déterminant la taille des vaisseaux d'un tissu appelé "xylème", favorisant la circulation de l'eau et des nutriments vers les feuilles. Ce mécanisme leur permet de mieux capter l'eau d'un sol en train de dessécher». Revers de la médaille : de plus gros vaisseaux rendent le végétal davantage vulnérable à l'infection par une bactérie pathogène du sol⁴.

Des racines sur mesure ?

À plus long terme, c'est l'architecture racinaire qui se construit grâce à cette surveillance du sol. «Il a été montré que les racines croissent et se ramifient davantage vers les zones présentant plus d'eau et de nitrates», détaille Christophe Maurel. Mais ces choix ne sont pas sans risque, «car produire de nouvelles racines nécessite d'investir du carbone et de l'énergie, issus de la photosynthèse».

«Ces capacités d'acclimatation des racines sont déterminées génétiquement», assure Christophe Maurel. Serait-il alors possible de sélectionner les plantes selon leurs

traits racinaires ? «Cela a déjà été fait de manière indirecte. En Chine notamment, des variétés de maïs capables de pousser très serré ont été

↓ Dispositif permettant d'observer le système racinaire d'un jeune arbre, dans des serres de l'Office national des forêts.



© CYRIL FRESILLON / BIAM / CNRS IMAGES

Un arbre peut survivre à plusieurs sécheresses, mais une succession d'événements climatiques stressants va le fragiliser.

sélectionnées. On a pu observer que ces variétés ont des systèmes racinaires plus compacts. Depuis que les rendements agricoles stagnent, les racines, en tout cas, intéressent de plus en plus les sélectionneurs.»

Christophe Maurel étudie, quant à lui, la résistance du maïs au manque d'eau en s'intéressant aux racines. «En déficit hydrique modéré, nous avons par exemple observé que les lignées avec des racines plus perméables transpiraient et poussaient davantage», illustre-t-il. Le projet FoodDrought⁵, sur lequel il travaille, vise à mieux connaître les gènes impliqués.

Par ailleurs, «certains champignons et bactéries augmentent de façon significative la résistance des plantes à la sécheresse lorsqu'ils sont présents au niveau des racines», constate le chercheur. Les mécanismes sous-jacents restent toutefois mal compris.

Si les végétaux s'avèrent capables d'acclimatation, il n'en demeure pas moins qu'ils ont leurs limites. «Un arbre peut survivre à plusieurs sécheresses, par exemple, mais une succession d'événements climatiques stressants va le fragiliser, relève Christophe Maurel. Il sera alors plus sensible aux pathogènes et pourra mourir non pas de la sécheresse, mais d'une infection.»

Le chercheur rappelle enfin que les racines stockent du carbone dans le sol. Même si cela ne doit pas constituer une excuse pour continuer à émettre autant de gaz à effet de serre, favoriser leur développement et la santé des sols⁶ représente un levier d'atténuation du changement climatique. ●

1. MSC (unité CNRS/Université Paris Cité) : Atef Asnacios, professeur à l'univ. Paris Cité ; Léa Cascaro, doctorante ; Pauline Durand, maîtresse de conférences à l'univ. Paris Cité ; et Pauline Vinet, jeune docteur. Voir : doi.org/10.1126/science.adu8197

2. IPSiM, unité CNRS/Inrae/Université de Montpellier.

3. Voir : doi.org/10.1016/j.cell.2016.08.068

4. Voir : doi.org/10.1038/s41467-018-06430-8

5. Voir : doi.org/10.3030/101290974

6. Lire le dossier « Sols, un monde sous nos pieds », Carnets de science n°20 : tinyurl.com/CDS20-sols

Chaque hiver, entre octobre et avril, des centaines de dauphins communs s'échouent sur les côtes françaises de l'Atlantique. Morts. La plupart sont victimes de ce que le vocabulaire officiel appelle des « captures accidentelles de pêche ». Prisonniers de filets de chalutiers, ces cétacés ne peuvent plus regagner la surface pour respirer et meurent, asphyxiés. La majorité d'entre eux coulent à pic ; les courants ramènent les autres vers la côte.

L'expression « capture accidentelle » désigne le fait, pour les pêcheurs, de prendre dans leurs filets des espèces qu'ils ne ciblaient pas. Elle mérite néanmoins d'être nuancée, estime Hélène Peltier, de l'observatoire des mammifères marins Pelagis¹. « J'utilise assez peu le terme "accidentel", explique la biologiste. Je lui préfère le qualificatif d'"involontaire", car il y a quand même des situations dont on sait qu'elles sont particulièrement à risque. »

Les observations montrent en effet que le danger est plus élevé en hiver et avec certains types d'engins de pêche : les longs filets coniques tirés par les chalutiers pélagiques et les filets maillants fixes, longs de plusieurs kilomètres, que posent les fileyeurs au fond de l'eau.

Les chercheurs retrouvent souvent des sardines ou des anchois dans l'estomac des dauphins échoués, signe que ces derniers étaient en pleine chasse au moment de

« CAPTURE ACCIDENTELLE DE PÊCHE »

leur capture. Le cétacé, concentré sur sa proie, prêterait moins attention aux engins de pêche et s'y retrouverait piégé.

L'ampleur du phénomène est préoccupante. Les chercheurs ont

estimé entre 5000 et 10000 le nombre de dauphins morts chaque année à la suite de captures accidentelles entre 2016 et 2024. Des niveaux de mortalité inquiétants pour cette population protégée, comme toutes les espèces de cétacés. « Les animaux n'ont plus le temps de devenir vieux », résume Hélène Peltier. Les dauphins communs femelles vivent en moyenne 7 ans de moins qu'à la fin des années 1990. Or elles ne donnent naissance qu'à un seul petit tous les 3 à 4 ans.

Les nombreuses alertes ont conduit le Conseil d'État à exiger la mise en place de fermetures de pêche ciblées sur certaines activités, afin de réduire le risque de capture. Déployées en 2024 et en 2025, ces fermetures d'un mois dans le golfe de Gascogne ont déjà permis de réduire le nombre d'échouages et seront reconduites cet hiver.

Mais elles restent une mesure d'urgence. Des répulsifs acoustiques sont également testés sur les bateaux de pêche, même si leur déploiement à grande échelle reste complexe et que leurs effets sur l'écosystème marin doivent encore être évalués. Installées depuis 2023 sur les quelque 400 fileyeurs du golfe de Gascogne, des caméras embarquées devraient fournir les données fines qui manquent actuellement pour mieux comprendre les circonstances de ces captures et adapter les mesures de prévention. « Il faudra probablement un ensemble de solutions », conclut Hélène Peltier. ●

➡ MARIE PRIVÉ

Delphinus delphis

Le dauphin commun à bec court est un cétacé de la famille des Delphinidae que l'on rencontre dans les eaux tempérées, subtropicales ou tropicales du monde entier.



« Les animaux
n'ont plus le temps
de devenir vieux. »



ATLANTIQUE MESURER LES COURANTS MARINS



La circulation méridienne de retournement de l'Atlantique (Amoc), dont fait partie le Gulf Stream, joue un rôle crucial dans la régulation du climat de l'hémisphère Nord, notamment *via* les échanges de chaleur entre l'océan et l'atmosphère. Et le courant profond de bord ouest, qui longe l'Amérique du Nord, en est une composante essentielle. Une campagne océanographique¹ a étudié ce courant en temps réel et à haute résolution au large de Terre-Neuve (Canada).

MEHDI HARMİ

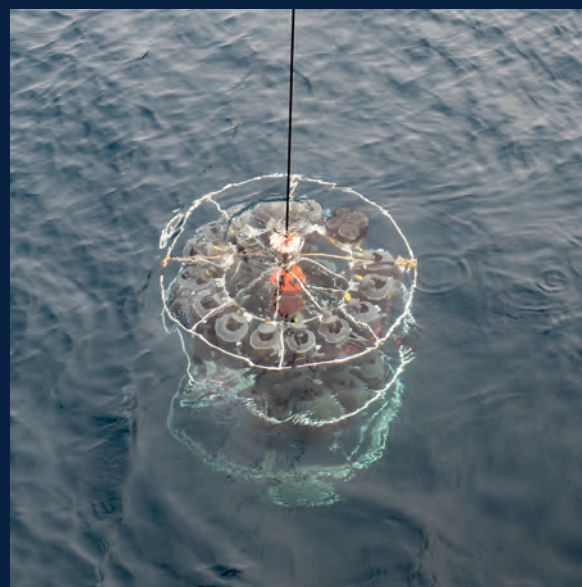
ADRIEN STELLA / LOPS / IFREMER / CNRS IMAGES

← Sur le pont du navire océanographique *Thalassa*.

1. Programmes « Climatic Role of Subpolar-Subtropical Exchanges: a Regional Observing Array off Newfoundland » (Crossroad) et « Explaining and Predicting the Ocean Conveyor » (Epoc).



Tout commence à Saint John's, la capitale de Terre-Neuve. L'équipage d'une quinzaine de chercheurs et chercheuses du CNRS et de l'Ifremer embarque sur le *Thalassa*, l'un des navires de la Flotte océanographique française. C'est sur ce bateau de 75 m que, durant près d'un mois, les scientifiques mèneront leur campagne visant à étudier la physique et la dynamique de la circulation méridienne de retournement de l'Atlantique (Amoc).



Une fois sur site, les océanographes font plonger une rosette bathysonde jusqu'au fond. Cet instrument phare de l'océanographie physique permet de mesurer les propriétés physico-chimiques de l'eau de mer à toutes les profondeurs, depuis la surface jusqu'au plancher océanique. Il est constitué d'un grand châssis en aluminium sur lequel sont disposés des capteurs pour mesurer la salinité, la température, le taux d'oxygène, ainsi que la pression, la vitesse et la direction du courant. La rosette est également bardée de bouteilles servant à échantillonner l'eau de mer.



Dès que la rosette est revenue à bord, les scientifiques se hâtent de prélever l'eau des bouteilles. Ils y mesurent en particulier la concentration d'oxygène dissous. Cette étape clé est délicate. Elle doit s'effectuer au plus vite au laboratoire de chimie du bord, car le taux d'oxygène de l'eau de mer change rapidement au contact de l'atmosphère.





La campagne est surtout dédiée à l'observation des courants profonds et de leurs propriétés physiques : vitesse, température, salinité... Les scientifiques trouvent tout de même le temps de déployer une ligne de mouillage (ligne verticale ancrée au fond, maintenue droite grâce aux flotteurs répartis sur toute sa hauteur et munie d'instruments de mesure). Objectif : quantifier la turbulence de fine échelle de l'océan, qui contrôle notamment la manière dont des masses d'eau aux propriétés contrastées se mélangent.

Une matelot est sur le point de mettre à l'eau un émetteur-récepteur acoustique sous-marin. Ce dispositif communique avec un capteur de pression de fond, situé sur le plancher océanique, à quelque 3 000 m sous la surface (trois instruments de ce type sont restés pendant deux ans au fond de l'eau, enregistrant la pression en continu).



Ce flotteur autonome est appelé « VMP » (Vertical Microstructure Profiler). Déployé depuis le navire, il est capable de plonger et de remonter grâce à un système de lest, alors même qu'il n'est ni ancré ni rattaché au bateau. Son rôle est de mesurer les changements de vitesse et de température sur la verticale – avec une résolution de l'ordre du centimètre. Ces variations déterminent en partie le mélange des masses d'eau dans l'océan.



Les scientifiques profitent de cette campagne pour mettre à l'eau une quinzaine de flotteurs Argo (à ne pas confondre avec les balises Argos de géolocalisation) destinés à mesurer la température et la salinité de l'océan à grande échelle. Mises au point dans les années 2000, ces balises autonomes déployées par milliers dans toutes les mers du globe ont révolutionné l'océanographie physique et les sciences du climat, permettant de surveiller à distance et en continu les variations de l'océan mondial. Pendant cinq à dix ans, elles dérivent au gré des courants, tout en suivant un cycle de plongées-remontées à une profondeur précise. Lorsqu'elles reviennent en surface, les données enregistrées sont transmises à terre par liaison satellitaire.

ROCKEUR ET CHERCHEUR!

« **J'** ai toujours voulu faire de la recherche. Je n'allais pas tirer un trait sur un rêve de gosse ». Ce rêve, Sébastien Wolf, 39 ans, l'a pleinement réalisé. Biophysicien à l'Institut de biologie¹ de l'École normale supérieure (ENS), il décrypte des mécanismes neurologiques à l'aide

d'outils de pointe qu'il a contribué à façonner. Détail qui a son importance : Sébastien Wolf est aussi guitariste dans un groupe de rock français à succès, Feu! Chatterton, qui remplit salles de concert et pelouses de festivals depuis une quinzaine d'années... sans jamais le faire dévier de sa carrière scientifique.

Quand on le rencontre sur les marches de l'ENS, à Paris, quelque chose en lui trahit d'emblée le rockeur. Ses boucles brun argenté sur ses yeux bleus ? la nonchalance de son allure ? la cigarette qu'il allume ? En réalité, si Sébastien Wolf s'est intéressé très tôt à la science – à 7 ans, il commande un microscope à ses parents et élève des fourmis dans sa chambre ! –, il baigne aussi dans la musique depuis son plus jeune âge. Nourri par la passion de son père (suisse) pour le jazz et de sa mère (brésilienne) pour la musique brésilienne, il demande à faire du piano dès ses 8 ans... et se met à la guitare à 15 ans !

C'est sur les bancs du prestigieux lycée Louis-le-Grand, à Paris, qu'il rencontre deux des membres du futur Feu! Chatterton. Mais, tandis que ses camarades se tournent vers des écoles de commerce ou d'ingénieur, lui poursuit sa passion pour les sciences et intègre l'ENS.

“ **Trois ans après sa création, le groupe agite les producteurs et commence à jouer à guichets fermés.**

Sébastien Wolf, guitariste du groupe Feu! Chatterton, est aussi biologiste au CNRS, à la pointe de la recherche pour dévoiler les derniers secrets du cerveau.

➡ ÉMILIE MARTIN

Dans ce temple de l'érudition, il opte pour un master en physique des systèmes complexes, « *la branche de la physique la plus proche du vivant* », précise celui qui met l'œil au microscope depuis qu'il est enfant.

Il prend deux années de césure pour suivre un master d'anthropologie à l'École des hautes études en sciences sociales (EHESS), passant six mois en Amazonie brésilienne afin d'étudier le système politique des Indiens Sateré-Mawé. Mais il lui tarde de revenir aux sciences dures et de retrouver Paris. De retour à l'ENS, il consacre son stage de fin de master à l'optique. Au laboratoire Jean Perrin de Sorbonne Université², il planche sur le développement de nouveaux microscopes destinés à l'étude de l'activité cérébrale chez le poisson-zèbre.

Neurones au microscope

2014 : Sébastien Wolf a 27 ans et Feu! Chatterton s'envole. Trois ans après sa création, le groupe agite les producteurs et commence à jouer à guichets fermés. Pas de quoi détourner le futur chercheur de l'étape suivante. « *On verra quand tu auras ton doctorat* », plaisantait son père durant son adolescence. Doctorat qu'il choisit de mener au laboratoire Jean Perrin, toujours sur l'activité neuronale du poisson-zèbre.

Pour observer les neurones de cet animal en action, les chercheurs utilisent notamment deux techniques de pointe : d'une part, la microscopie par nappe laser, qui permet de révéler des milliers de neurones →



Sébastien Wolf, cofondateur de Feu! Chatterton, ici en concert à Lille en février 2026. Le groupe a sorti son premier album en 2015. Le guitariste entamait alors son doctorat.

“ **J’ai réellement besoin des deux...
C’est dans cette dualité entre les sciences
et la musique que je puise mon équilibre.**

→ actifs à la fois, sans qu’ils se superposent à l’image ; d’autre part, la microscopie biphotonique, capable de localiser ces neurones avec une très grande précision.

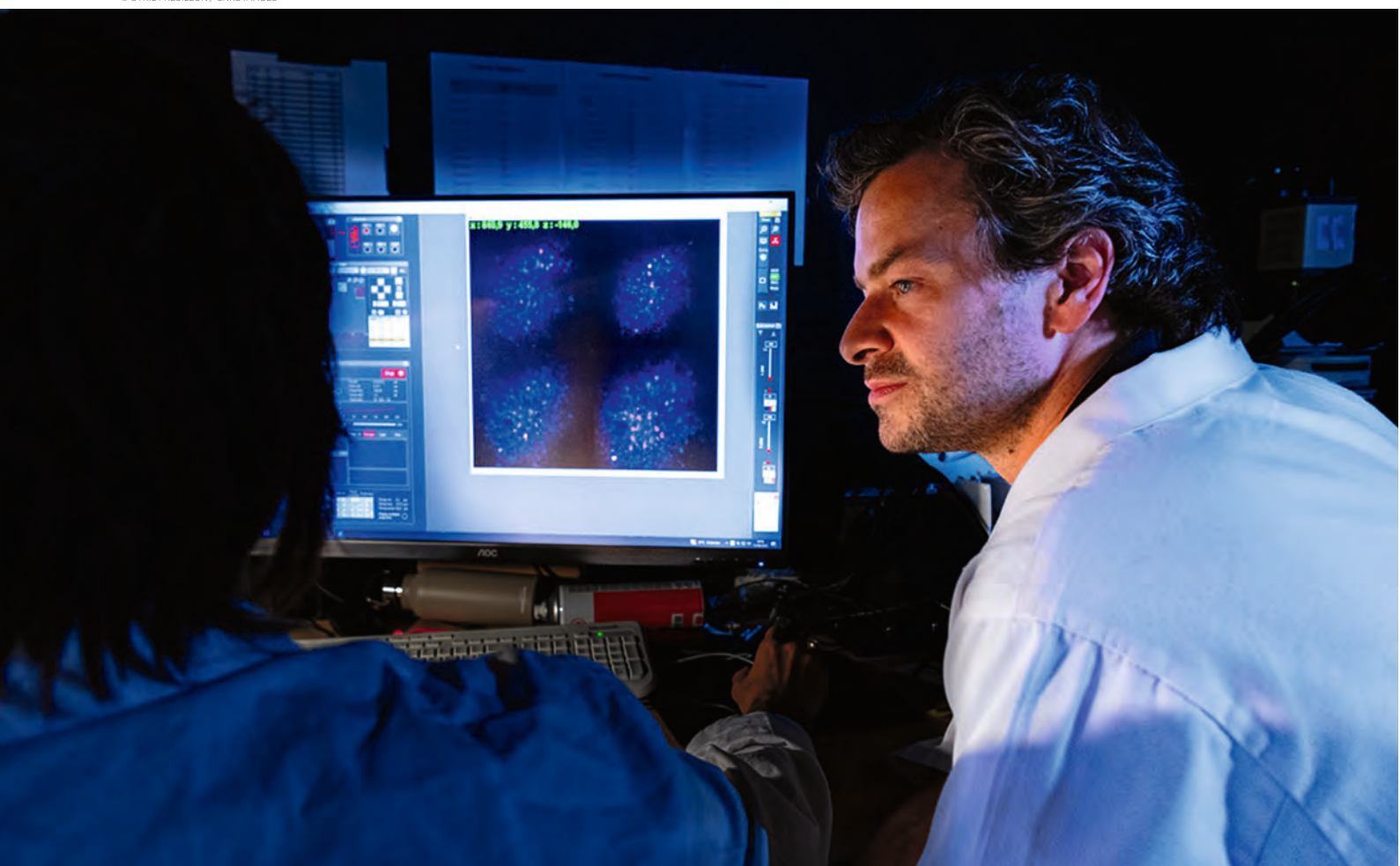
En 2014, ces deux techniques ont déjà fait leurs preuves. Mais Sébastien Wolf consacre sa thèse à repousser leurs limites. Avec son équipe, il réussit à combiner la célérité de la première à la précision de la seconde, et met au point un microscope à nappe laser biphotonique. Résultat, les images des neurones sont acquises 100 à 1 000 fois plus vite qu’avec un balayage biphotonique classique.

« Nous avons été les premiers à utiliser cette approche en biologie fonctionnelle, c’est-à-dire pour ausculter en direct l’activité des tissus vivants », note le chercheur. En analysant des corrélations d’activité sur environ 30 000 neurones, Wolf et ses collègues identifient le réseau de neurones (baptisé ARTR³) qui régule la navigation du poisson-zèbre. « Ce réseau contrôle les saccades des yeux. Tout comme les humains, les poissons déplacent leurs yeux par petits bonds successifs afin d’orienter le regard sur l’objet d’intérêt. Ce système, contrôlé par ARTR, permet donc à ces derniers d’effectuer une marche aléatoire pour explorer leur environnement. »

Trois années se sont écoulées depuis le début du doctorat et, comme le biophysicien, le musicien rencontre le succès.

↓ À l’Institut de biologie de l’ENS, Sébastien Wolf et son équipe scrutent le fonctionnement neuronal du cerveau des souris.

© CYRIL FRESILLON / CNRS IMAGES





© JEAN-MICHEL MART / PHOTOPQR/LE MIDI LIBRE/ MAXPPP

← Sébastien Wolf (à droite)
aux côtés d'Arthur Teboul,
chanteur de Feu! Chatterton,
à Montpellier, en juillet 2025.

Des Francolies aux Vieilles Charrues, du Trianon au Zénith de Paris, d'un disque d'or à l'autre, Feu! Chatterton n'en finit pas de gagner en popularité et d'avaloir des centaines de kilomètres lors de ses tournées. Les autres membres du groupe ont décidé de se consacrer à 100 % à la musique? Pas Sébastien Wolf!

«Je n'ai pas eu de problème pour concilier mes deux carrières, affirme-t-il. Je faisais mes manips en début de semaine, puis je mettais à profit les trajets pour coder, traiter mes données. Dès que j'arrivais à l'hôtel, je passais une journée entière à gérer mes réunions. Et, le week-end, je jouais sur scène, je composais... Ce rythme me convenait parfaitement. Mes acolytes de Feu! aussi bien que mon directeur de thèse, Georges Debregeas, se sont montrés très compréhensifs, et je les en remercie.»

Cet hyperactif ne se contente pas de sa double vie de scientifique et musicien. Il devient papa en 2018. «Je passe beaucoup de temps avec mes enfants [son deuxième fils est né en 2021, Ndlr]. Les moments avec eux sont des moments d'apaisement où tu te décales, où tu cesses d'être centré sur toi.»

Sonder la matière grise de la souris

Par la suite, son appétit pour la recherche en neurosciences le pousse à intégrer en postdoctorat l'Institut de biologie de l'ENS. Il veut y sonder la matière grise d'un animal plus proche de nous que le poisson-zèbre: la souris. Et contribue au développement d'un nouvel outil, le *random-access microscope*, qui permet d'observer uniquement les zones du cerveau où se concentrent les neurones – soit à peine 10 % de son volume.

En parallèle, il mène un projet étudiant les mécanismes de l'attention dans le cortex auditif. En comparant des souris entraînées à reconnaître un son avec d'autres simplement exposées à ce son, il montre qu'un même neurone ne réagit pas de manière identique selon que l'animal est passif ou concentré sur une tâche. Autrement dit, la perception du monde est directement liée au niveau d'attention.

En 2022, Sébastien Wolf se lance dans le concours d'entrée au CNRS. «Autour de moi, pas mal de gens m'ont répété que, si je voulais l'avoir, il fallait que j'arrête Feu! Mais j'ai réellement besoin des deux... C'est dans cette dualité entre les sciences et la musique que je puise mon équilibre. Faire mes manips seul au labo m'offre une bulle de sérénité, loin du monde, de la pression médiatique. Et, avec le groupe, je prends un bol d'air quand la science devient trop ardue.

Car la recherche est un art difficile! Parfois, rien ne marche comme prévu, et l'on est découragé.» Pour s'évader, le musicien, tout comme le scientifique, a plusieurs cordes à son arc. En plus d'être guitariste, il est claviériste et compose une partie des chansons du groupe. Sa fertile ubiquité paye. Il est recruté au CNRS du premier coup.

Apprendre de ses rêves d'enfant

Dès sa prise de poste à l'Institut de biologie de l'ENS, Sébastien Wolf poursuit son enquête sur les méandres de l'apprentissage. Comment le cerveau – «cet organe ultra-puissant, beaucoup plus rapide qu'un ordinateur dans ses capacités d'acquisition et dont on comprend peu les rouages» – apprend-il en tissant progressivement des liens entre des neurones qui s'activent en même temps (par exemple pour l'image d'un chat et le mot «chat»)?

Largement répandue en neurosciences, cette hypothèse a inspiré les premiers réseaux de neurones artificiels. Mais, faute de technologie disponible, elle n'a jamais été démontrée à l'échelle d'un réseau de neurones vivants. Voilà à quoi Sébastien Wolf et son équipe s'emploient avec leur armada de microscopes innovants. «Il est encore trop tôt pour en parler, mais nous avons déjà de beaux résultats!», lâche-t-il, sourire radieux et regard brillant.

Dans le morceau «À cause ou grâce», sur son quatrième album, *Labyrinthe* (2025), Feu! Chatterton chante: «Le soir, on crayonnait nos petits carnets / En chantant / Nos rêves d'enfant, libres et triomphants / Où sont-ils, à présent?» Ceux de Sébastien Wolf, pour sûr, ne sont pas restés dans des carnets... ●

1. Ibens, unité CNRS/ENS-PSL/Inserm.

2. Unité CNRS/Sorbonne Université.

3. Pour «Anterior Rhombencephalic Turning Region».

La plus ancienne correspondance privée de l'humanité raconte les mariages et les divorces, le commerce et la fraude fiscale, les métiers d'éleveuse ou de tisseuse. Ces voix de femmes imprimées dans l'argile depuis 4 000 ans livrent des récits troublants d'actualité.

➤ MARINA JULIENNE

E LLES S'APPELAIENT SUHKANA, Kunnaniya, Lamasha ou Hattitum, étaient épouses, veuves, éleveuses de bœufs, comptables ou dévotes, et vivaient en Mésopotamie... il y a 4 000 ans. Les archéologues ont retrouvé des milliers de correspondances écrites sur des tablettes d'argile. Ces textes, envoyés ou reçus par ces femmes, lèvent un pan de voile sur la place et le quotidien de celles-ci dans ces sociétés commerçantes.

Cécile Michel¹, spécialiste de la Mésopotamie, a réuni la plus ancienne correspondance privée de l'humanité. Et a classé une partie de cette correspondance de telle sorte qu'on puisse cheminer aux côtés d'une trentaine de femmes, pour partager leur quotidien.

Entre Assour (actuelle al-Charqat, dans le nord de l'Irak) et Kanesh (actuelle Kültepe, en Turquie) vivaient des familles de commerçants, dont les membres s'en allaient parfois pour plusieurs mois à des centaines de kilomètres de chez eux, afin de vendre des étoffes, de l'huile, de l'étain, des épices... «*Peut-être 10 000 habitants vivaient à Assour au début du II^e millénaire [avant notre ère, Ndlr] et 30 000 habitants à Kanesh, au cœur d'un réseau d'une quarantaine de comptoirs de commerce assyriens d'Anatolie*», explique Cécile Michel.

Organisation moderne

Seul moyen de garder le contact avec les siens, de gérer à distance la construction d'une maison ou le quotidien de la famille : l'écriture. Ces populations maîtrisent l'écriture cunéiforme et tracent des caractères à la pointe du roseau, sur des tablettes d'argile fraîche. «*Emballées dans du cuir ou du textile, elles sont transportées à dos d'âne*, raconte Cécile Michel. Une caravane classique mettait environ 6 semaines pour parcourir 1 000 km. »

Dans cette société qui vit du commerce, un grand nombre de missives parlent d'argent et de marchandises. Shishahshushar reçoit par exemple ce texte de son époux : «*Pourquoi as-tu écrit ceci : "En dehors de 20 sacs de blé et 15 sacs d'orge que Kudubis m'a remis, il n'y a rien d'autre!" ? Où sont donc les 40 mines² de cuivre sous la forme de faucilles et les 2,5 mines d'étain*



Je vous écris de Mésopotamie... il y a 4 000 ans

qu'Ili-ishar et Huluba ont apportées à Shana? C'est urgent! Envoie-moi un rapport s'ils ne font pas attention à faire payer les créances en souffrance [...]» Ces lettres témoignent de toute une organisation sociale et économique très moderne, dans laquelle existent déjà des chèques au porteur (encaissables indifféremment par toute personne majeure) ainsi que des sociétés en commandite, dont certains associés actifs ont la qualité de commerçant.

«*Dans cette société, on contracte énormément de prêts, commerciaux ou de nécessité*», détaille Cécile Michel. Lorsque les stocks de céréales sont épuisés, quand les parents n'ont plus de quoi nourrir leur famille, ils s'endettent. Et, si les échéances de remboursement sont dépassées, ils mettent parfois en esclavage au service du créancier un membre de la famille, un enfant, une femme, afin de rembourser la dette.



À VOIR

Ainsi parle Tarâm-Kûbi, correspondances assyriennes (documentaire CNRS Images)





← Tablettes exhumées en 1993 (collection du Musée des civilisations anatoliennes, à Ankara).

certaines femmes «*En partant, tu ne m'as pas laissé d'argent, pas même un seul siclé !, écrit Taram-Kubi à son mari Innaya. Après ton départ, il y a eu une famine terrible à Assour, et tu ne m'as même pas laissé d'orge... Lorsque tu auras pris connaissance de ma lettre, viens, tourne-toi vers Assour, ton dieu, et ton foyer, et que je puisse voir tes yeux tant que je suis encore en vie !*»

Un langage très direct

Il n'y avait pas que les scribes qui maîtrisaient l'écriture. «*Ces femmes écrivaient sans doute elles-mêmes, sans recourir au service d'un scribe. La plupart des lettres sont écrites ainsi dans un langage parlé très direct, et plus difficiles à traduire, car les règles de grammaire ne sont pas toujours respectées, constate la chercheuse. On a rendu ce ton en partie en mettant de nombreux points d'exclamations. Mais, en tout cas, la lecture, l'écriture et le calcul étaient dans ces sociétés largement répandus.*»

À travers ces correspondances, on en apprend également beaucoup sur les activités agricoles, d'élevage et de tissage. Puzur-Assur adresse à l'apprentie tisseuse Waqqurtum un véritable cahier des charges techniques pour tisser une étoffe de laine de type Kutatum de 4 m sur 4,5 m. Or une enquête menée dans les années 2010 en Cappadoce (Turquie) et en Jordanie a révélé que les tisseuses de kilims (tapis) qui travaillent aujourd'hui sur des métiers à tisser verticaux traditionnels, tout comme à l'époque assyrienne, continuent d'organiser leur travail de la même façon.

Certaines lettres, encore enfermées dans leur enveloppe d'argile, sont parfois accessibles grâce à un scanner tomographique qui peut être transporté dans les musées où elles sont conservées. L'appareil permet de lire au travers de la première barrière d'argile et d'accéder à des histoires de vie rendues presque éternelles. ●

Les contrats de mariage sont, dans certaines régions (par exemple, à Assour et, en Babylonie du Sud, à Nippour, actuelle Niffer) d'une étonnante modernité. Le mari et la femme jouissent de droits égaux. Tous deux peuvent hériter, prêter de l'argent, acheter des maisons et des esclaves. Ils peuvent chacun demander le divorce et paieront alors chacun les mêmes indemnités. «*Si Abaya divorce d'Adad-shamshi, il lui versera 1/3 de mine d'argent, et ne doit pas prendre une autre épouse. Si Adad-shamshi divorce d'Abaya, elle lui paiera 1/3 de mine d'argent*», est-il écrit sur un contrat.

En revanche, en Babylonie du Nord, à Sippar, les femmes risquent la condamnation à mort si elles quittent leur mari. En théorie, la monogamie est de règle. Mais, si le marchand passe un long moment loin de chez lui, il peut prendre une seconde femme, à condition qu'elle ne rencontre pas sa première épouse.

Les lettres sont parfois poignantes, en particulier quand elles reflètent la solitude à la fois matérielle et sentimentale de



© TRUSTEES OF THE BRITISH MUSEUM CC BY-NC-SA 4.0



À LIRE

Quand les femmes écrivaient l'histoire – Entre la Mésopotamie et l'Anatolie il y a 4 000 ans, Cécile Michel, 392 pages, Seuil, 2026.

1. Directrice de recherche au laboratoire Archéologies et sciences de l'Antiquité (ArScAn, unité CNRS/Ministère de la Culture/Université Panthéon-Sorbonne/Université Paris Nanterre).
2. En Mésopotamie, 1 mine = 60 sicles de 8,3 g, soit environ 500 g. En Anatolie, 1 mine = 40 sicles de 11,75 g, soit 470 g.

← Tablette d'argile écrite en akkadien ancien (2600-2000 av. J.-C.) et conservée au British Museum.

Qu'est-ce qui vous a amenée à étudier le phytoplancton (végétaux microscopiques en suspension dans l'eau) des zones littorales ?

DANIELA BANARU Au début des années 2010, j'ai commencé à m'intéresser au fait que les poissons de mer étaient plus petits et plus maigres qu'autrefois, avec une nette accélération ces dernières années, même pour les espèces qui ne sont pas pêchées. Ce problème de croissance, visible dans la baie de Marseille, où je travaille, comme sur toute la côte française, a mis de nombreuses pêcheries en grande difficulté. Les pêcheurs ne pouvaient plus pêcher, car les poissons étaient trop petits ! On a donc regardé en détail ce que les poissons mangeaient. On a examiné le contenu de leur estomac, afin de comprendre ce qui avait changé dans leur alimentation et pourquoi. Plus précisément, on s'est demandé ce qui avait changé dans le plancton qui constitue la base du régime alimentaire des poissons.

Qu'avez-vous découvert en examinant ces estomacs de poissons ?

D.B. J'ai découvert que le phytoplancton avait vu sa taille, mais aussi son abondance se réduire. En clair, les individus sont plus petits et moins nombreux qu'avant. J'ai également découvert que ce phénomène était directement lié à la baisse des nutriments disponibles dans l'eau de mer. Moins de nutriments, cela veut dire moins de phytoplancton et un phytoplancton plus petit ; et moins de phytoplancton, cela signifie

un amaigrissement du zooplancton (animaux aquatiques microscopiques, comme certains crustacés) qui consomme le phytoplancton, et ainsi de suite, jusqu'au poisson lui-même.

En réalité, c'est toute la chaîne alimentaire qui est affectée par la baisse des nutriments. Les poissons que l'on observe aujourd'hui dans la zone littorale sont adaptés aux nouvelles conditions. Ils sont restés petits, ont maigri et ne sont plus jamais revenus à la taille qu'ils avaient auparavant.

Pourquoi y a-t-il moins de nutriments dans l'eau de mer ?

D.B. Dans la baie de Marseille, on a montré que 50% de la matière organique utilisée par le plancton vient en réalité de la terre. Marseille n'est pas très loin du delta du Rhône. Or les embouchures des fleuves sont des milieux très riches. Les fleuves qui finissent à la mer charrient les rejets des stations d'épuration, mais aussi les débris végétaux arrachés aux rives ou lessivés par les pluies. Toute cette biomasse est chargée en lipides, protéines, etc. Elle est bonne pour les organismes marins qui l'utilisent pour se nourrir et viennent se reproduire dans ces milieux.

Pourquoi les poissons de mer sont-ils plus petits aujourd'hui ? La biologiste Daniela Banaru cherche à comprendre le rôle du phytoplancton dans ce phénomène observé sur tout le littoral français.

➤ PROPOS RECUEILLIS PAR CLÉMENT BAUDET

Petit plancton, petits poissons ?

Vous réalisez régulièrement des prélèvements de plancton en zone littorale. À quoi cela vous sert-il ?

D.B. Grâce aux échantillons collectés avec nos filets à plancton, je peux effectuer des analyses isotopiques du carbone et de l'azote. Ces deux éléments chimiques sont transférés dans toute la chaîne alimentaire. Analyser le rapport entre leurs différents **isotopes** permet de savoir d'où vient la matière organique, qui l'a produite et, ensuite, quel est leur niveau trophique. Cela permet de savoir qui mange quoi, mais d'une façon intégrée dans le temps.

Comment expliquez-vous la baisse des nutriments constatée en Méditerranée ?

D.B. La baisse des nutriments en Méditerranée est notamment liée à l'amélioration des traitements des stations d'épuration dans toute l'Europe à partir des années 2000 et à la directive-cadre sur l'eau de 2008,

🔍 **Isotope :** Un isotope est une version un peu différente d'un élément chimique. Il possède le même nombre de protons que cet élément, mais pas le même nombre de neutrons. L'azote possède ainsi 16 isotopes connus (tels que l'azote 14 et l'azote 15), présents sous forme stable dans la nature.



DANIELA BANARU
Biologiste à l'Institut méditerranéen d'océanologie (MIO, unité CNRS/Aix-Marseille Université/IRD/Université de Toulon).

qui a accentué tout ça. C'est contre-intuitif, mais cela s'explique ! On a eu des installations de plus en plus performantes, qui ont amélioré la qualité des eaux sur tout le littoral. C'est bien sûr une bonne nouvelle, car il était indispensable d'améliorer la qualité des lacs, des rivières et des zones côtières. Le problème, c'est qu'en voulant éliminer les polluants, on a aussi éliminé énormément de matière organique utile, avec une diminution de la concentration des nutriments par volume d'eau.

La deuxième cause conjointe, c'est qu'il y a moins d'eau qui arrive à la Méditerranée. En effet, dans le contexte du changement climatique, on retient de plus en plus d'eau

↓ Un bateau tracte un filet à plancton. L'analyse du contenu aide à savoir d'où viennent les nutriments présents dans l'eau.

“ Il est urgent de réfléchir à la question des prélèvements d'eau dans les fleuves, car cela impacte directement la survie des écosystèmes marins.

en amont, par exemple pour irriguer les terres agricoles. Sur le bassin versant du Rhône, l'agriculture utilise plus de la moitié de cette ressource. Comme il y a davantage d'usage de l'eau en amont, il n'y a plus assez d'eau qui arrive à la mer.

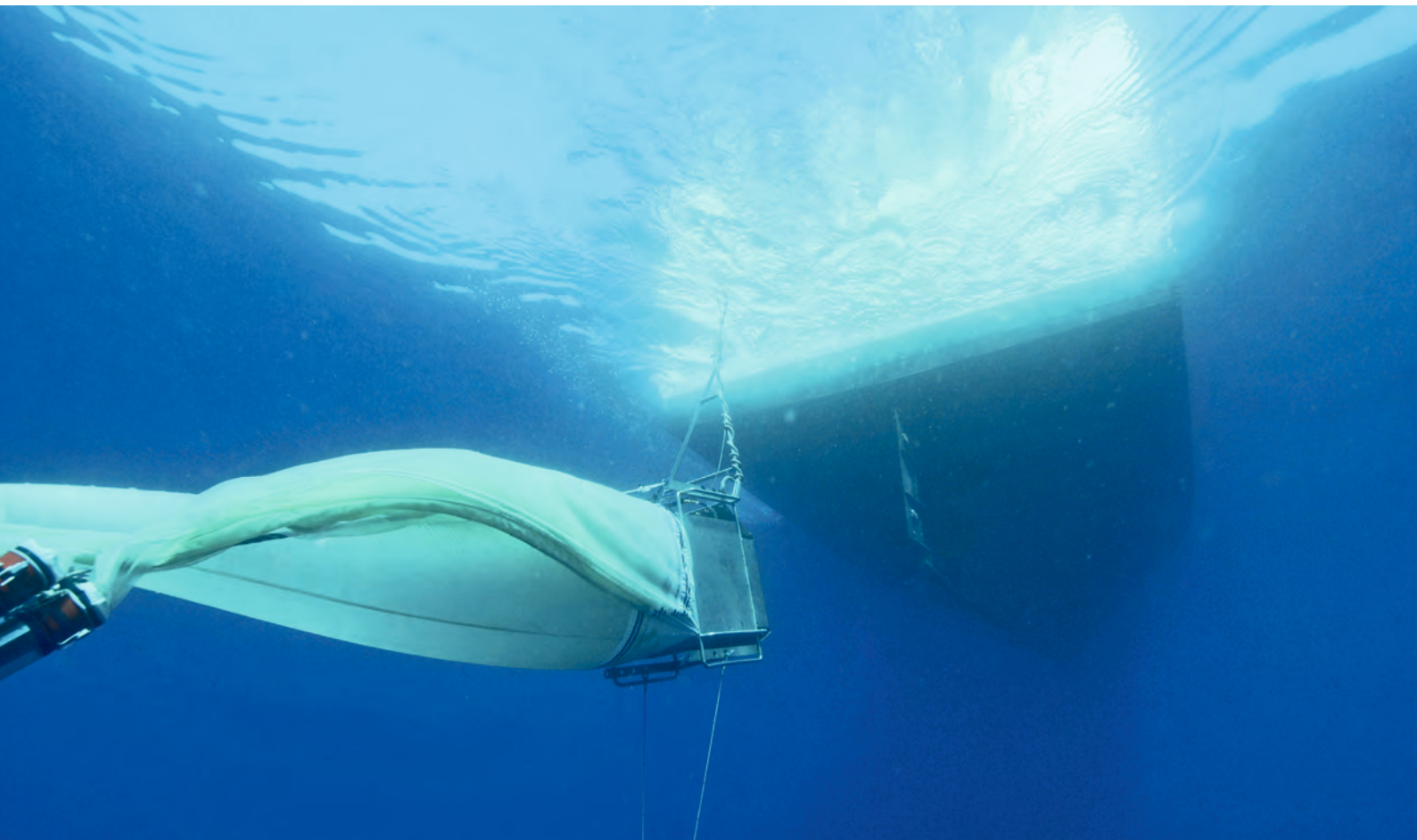
Comment faire, alors ?

D.B. Il est urgent de réfléchir à cette question des prélèvements d'eau dans les fleuves, car cela impacte directement la survie des écosystèmes marins. On ne le dit pas assez, mais le Rhône est une source essentielle pour la Méditerranée, et il faut assurer

un débit minimum des apports du fleuve à la mer. L'eau des fleuves qui part à la mer n'est pas de l'eau perdue, elle apporte de la matière organique et des éléments essentiels au fonctionnement des écosystèmes marins. La biomasse charriée par les fleuves est indispensable à la vie marine.

Ce sur quoi il faut travailler, en revanche, c'est la rétention des polluants. D'autant qu'avec la réduction des nutriments dans l'eau, la taille des cellules des organismes marins est plus petite et que cela augmente mécaniquement la concentration des polluants dans ces organismes. ●

© DORIAN GUILLEMAIN, INSTITUT PYTHEAS



Derrière le plaisir d'écouter une chanson se cache une étonnante capacité du cerveau : un mécanisme d'anticipation qui traduit de simples vibrations en émotions. Un phénomène particulièrement exploité par les musiques électroniques.

↳ SERVANE PIERRE

Musique : le cerveau aime anticiper

DANS LE MÉTRO, EN CUISINANT, ou en travaillant, la musique accompagne notre quotidien. Pop, rap, classique, jazz, rock, électro, metal, techno... Les styles diffèrent, mais tous se manifestent *via* deux phénomènes : un rythme et une mélodie. Or, derrière le plaisir d'écouter une chanson, se cache une étonnante capacité du cerveau, celle de prédire ce qu'il va entendre ensuite. Grâce aux rythmes et aux répétitions, notre système auditif anticipe en permanence la suite de la musique. Un mécanisme qui jouerait un rôle central dans le plaisir musical.

Le son est, à l'origine, une variation de la pression de l'air. Une fois que nous avons appuyé sur la touche « Play », le son traverse l'air jusqu'à nos oreilles, puis franchit toute une série de structures avant de pouvoir être interprété par le cerveau.

Parcours sonore

Le son traverse d'abord le conduit auditif de l'oreille, arrive au tympan, puis aux osselets, qui amplifient les vibrations. Celles-ci finissent leur chemin à la cochlée, organe en forme de coquille d'escargot (photo à droite), d'où elles sont transmises à la membrane basilaire. Le mouvement mécanique des cils présents sur cette membrane est alors transformé en un signal électrique, qui est acheminé jusqu'au cerveau par le nerf auditif.

« Ce système est remarquable par sa rapidité, souligne Boris Gourévitch, directeur de recherche à l'Institut de l'audition¹, au sein de l'équipe Plasticité des circuits auditifs centraux. La variation de pression de l'air est traduite dans le nerf auditif en moins de 2 millisecondes. »

La perception des mélodies et des rythmes est très bien organisée dans le cerveau. Une première décomposition des sons se produit dès la traversée de la cochlée.



Selon leur fréquence, les sons graves activent une zone de la cochlée, tandis que les sons aigus en activent une autre. Cette organisation, dite « tonotopique », se maintient jusqu'au cortex auditif.

Le rythme d'une musique est également codé de manière directe dans le nerf auditif. « Toutes les variations fréquentielles et temporelles sont reproduites dans le nerf auditif, un peu comme un spectrogramme », explique Boris Gourévitch.

Les informations musicales sont ainsi codées de manière individuelle par un neurone, ou au sein d'un groupe de neurones. Ceux-ci peuvent, par exemple, coder les harmoniques qui composent un son afin de faire émerger son timbre spécifique. « Quand un violon et un piano jouent la même note, ils se distinguent par leur timbre, précise Boris Gourévitch. Dans le piano, certaines harmoniques seront plus fortes que celles du violon, et d'autres moins fortes. »

Vers la mesure suivante

Pour le cerveau, les rythmes et les structures musicales répétitives occupent une place particulière. « Dès que quelque chose se répète, souligne Daniel Pressnitzer, directeur de recherche CNRS au Laboratoire des systèmes perceptifs², des mécanismes de réorganisation et de plasticité cérébrale se mettent en place et deviennent extrêmement puissants pour le cerveau auditif. » Cette plasticité cérébrale repose en partie sur le cortex auditif. En présence d'un rythme, le cerveau va utiliser ceux déjà mémorisés



← L'Electric Daisy Carnival, à Orlando, en 2021. Les musiques électroniques exploitent les mécanismes de prédiction et de surprise qu'affectionne le cerveau.

semble survenir lorsque le cerveau parvient à prédire l'évolution d'un morceau, tout en étant légèrement surpris, détaille Daniel Pressnitzer. Ce sont ces petites surprises qui pourraient générer la sensation de plaisir. »

Au rythme de l'électro

Certains styles musicaux exploitent à l'extrême ces mécanismes de prédiction et de surprise. C'est notamment le cas des musiques électroniques, dont les structures répétitives offrent un terrain de jeu privilégié pour le cerveau. Les compositeurs s'amuse à engager l'auditeur en répétant des mots ou des sons abstraits, tout en modulant leurs rythmes.

« Dans le morceau *Dominas*, de Carl Craig, un des pionniers de la musique techno, le mot "*dominas*" se répète. Au fur et à mesure de la chanson, cette répétition transforme ce simple mot en musique », décrypte Daniel Pressnitzer. Ceci rappelle fortement une illusion auditive actuellement étudiée dans son équipe et appelée « *speech to song* »³.

Les musiques électroniques exploitent également les mécanismes de prédiction du cerveau grâce au phénomène du « *drop* » : la musique monte progressivement, crée une attente, puis s'interrompt brièvement avant que le rythme reprenne.

La prédiction est aussi impliquée dans une facette sociale de l'écoute musicale. Que ce soit dans un concert, en festival ou à la Fête de la musique, une foule qui écoute la même musique partage les mêmes repères rythmiques et, en grande partie, les mêmes attentes musicales. Cette expérience commune favorise la synchronisation des mouvements et des émotions, créant un fort sentiment de cohésion au sein du groupe. On parle alors de « *transe* »... mais c'est une autre histoire. De la première vibration captée par l'oreille jusqu'aux émotions partagées lors d'un concert, derrière chaque rythme se cache ainsi un cerveau en perpétuelle activité, occupé à prédire la note suivante. ●

pour anticiper le contenu de la mesure suivante. Ainsi, il stabilise et donne du sens à son environnement sonore. De tels mécanismes d'anticipation sont cruciaux pour l'audition en général. La sensation musicale émerge de cette faculté.

Lorsque la prédiction se révèle correcte, le cortex auditif entre dans une sorte de résonance qui active les zones cérébrales associées au plaisir et à la récompense. En fait, le plaisir d'écouter de la musique s'appuie sur un équilibre subtil entre prévisibilité et surprise. « *Le plaisir musical optimal*

↓ Cochlée d'un cochon d'Inde (microscopie électronique). Tout le long s'étendent des rangées de cellules sensorielles.



1. IdA, unité CNRS/Inserm/Institut Pasteur.

2. LSP, unité CNRS/ENS-PSL.

3. Voir : tinyurl.com/speechtosong

Le plaisir d'écouter de la musique s'appuie sur un équilibre subtil entre prévisibilité et surprise.

« INVESTIR DANS LA SCIENCE POUR PRÉPARER L'AVENIR »

Éclipse, incendies, canicules... Comment avez-vous vécu cet été, votre premier en tant que président-directeur général du CNRS ?

THIERRY DAUXOIS La science était au cœur de cet été. Bien sûr, avec l'éclipse solaire totale, le 12 août, qui a intéressé de 7 à 77 ans, mais aussi en raison de la température atypique de l'océan, de la sécheresse, des feux de forêt... Soit autant de questions étudiées par les équipes du CNRS. Être président-directeur général d'un organisme aussi reconnu au niveau international est enthousiasmant et implique, en retour, une grande responsabilité face aux enjeux multiples auxquels nous sommes confrontés.

Vous-même avez forgé votre parcours de physicien à travers des collaborations internationales, entre la France, l'Italie (à l'université de Florence) et les États-Unis (à la Scripps Institution of Oceanography, à San Diego, et au Laboratoire national de Los Alamos). Un tel parcours est-il encore possible aujourd'hui ? Et, si oui, quel rôle peut y jouer la science ?

T.D. Ces expériences m'ont enseigné que la science est universelle et qu'il est important d'échanger avec des chercheurs et chercheuses, des cultures et des écosystèmes scientifiques différents. En effet, on n'aborde pas toujours les questions scientifiques de la même manière en France, en Italie ou aux États-Unis. En voyageant, on prend conscience que la recherche se construit à partir d'échanges humains et de méthodes différentes.

Cette dimension internationale est essentielle pour moi, et c'est ce qui m'a fortement attiré vers ce métier. Elle l'est tout autant au CNRS, puisque 35% de ses chercheurs et chercheuses sont d'origine étrangère. C'est à la fois la preuve de son attractivité mondiale et une grande richesse scientifique... et humaine.

Or, dans un monde fragmenté, je vois dans la science l'un des rares espaces de dialogue et de confiance qui transcendent les alternances politiques et maintiennent des liens utiles, sinon vitaux, entre grandes nations lorsque les canaux habituels sont bloqués. Je prendrai pour exemple le synchrotron Sesame, en Jordanie. Depuis 2002, celui-ci est coordonné par sept pays, dont l'Iran, Israël et la Palestine, et il continue à fonctionner malgré le contexte actuel. C'est la preuve du *soft power* apporté par la diplomatie scientifique.

Investissement dans la recherche, diplomatie scientifique, budget restreint... Depuis sa prise de poste, à la mi-juin, Thierry Dauxois, nouveau président-directeur général du CNRS, enchaîne les défis à relever. Entretien exclusif.

🗣️ PROPOS RECUEILLIS PAR MAXIME LEROLLE

Tandis que certaines puissances mènent des offensives sans précédent contre la recherche et la liberté académique, cette diplomatie scientifique se révèle décisive. Avec ses 80 laboratoires à l'étranger, ses 11 bureaux de représentation et ses 7 centres de recherche internationaux, le CNRS dispose d'atouts formidables pour faire rayonner la France et faciliter les échanges entre les citoyens du monde entier.

Ce programme ambitieux se heurte cependant à un problème de financement. Aujourd'hui, pourquoi investir dans la recherche ?

T.D. La véritable question n'est pas de savoir si l'on peut investir dans la recherche, mais si l'on peut se permettre de ne pas y investir. La France doit penser au moyen et au long terme. Et, dans ce contexte, investir dans la science est le choix le plus rationnel pour préparer l'avenir.

Pourtant, la part de la recherche dans le PIB français stagne à 2,2% depuis 30 ans, malgré l'objectif des 3% annoncé par la loi de



© CYRIL FRÉSILLON / CNRS IMAGES

← Thierry Dauxois, nouveau P-DG du CNRS, a rejoint l'organisme en 1994. Il était à la tête de CNRS Physique depuis 2021.

Cette stagnation budgétaire a vu la recherche française passer, en un peu plus de 10 ans, du 6^e au 13^e rang mondial. La France a-t-elle scientifiquement décroché pour devenir dépendante de technologies conçues ailleurs ?

T.D. La dépendance technologique française – sur le numérique, les matériaux critiques... – a déjà commencé. Par exemple, la dépendance française vis-à-vis des grandes multinationales du numérique interroge sur la capacité du pays à se projeter dans le futur. Dans le domaine de l'intelligence artificielle (IA), le pays soutient l'entreprise française Mistral. Mais celle-ci pourra-t-elle se développer sans des serveurs à la hauteur de ceux de ses concurrents ?

Ce cas concret prouve que si l'on ne maîtrise pas la technologie par la science, on ne peut pas être une grande puissance. C'est pourquoi il est déterminant que la France garde un développement scientifique le plus large possible pour prévenir ces dépendances.

À l'inverse, quels secteurs de l'économie française de 2050 sont en train de naître aujourd'hui dans les laboratoires ?

T.D. La France compte beaucoup de forces, à travers ses recherches sur l'IA, le climat, l'ordinateur quantique, la biodiversité... Les échelles de temps sont importantes entre la science fondamentale et l'application concrète, mais ces recherches pourraient conduire à des

révolutions qui impacteraient notre quotidien sous 20 à 30 ans.

Par exemple, les recherches actuelles de Julie Grollier et de plusieurs laboratoires du CNRS sur la spintronique¹, un domaine où la France est très performante, pourraient permettre de développer une électronique plus frugale, et donc de regagner en souveraineté sur les puces électroniques au cœur de nos ordinateurs et téléphones. De même, certaines start-up issues du CNRS pourraient révolutionner le paysage énergétique en exploitant l'énergie osmotique, qui tire parti

programmation de la recherche en 2020, non suivie d'effets. Et, pendant ce temps, d'autres pays (Allemagne, Chine, Inde, etc.) accélèrent.

Malgré tout, la France dispose d'un atout remarquable. Elle est capable de former des chercheurs et chercheuses de très bon niveau sur l'ensemble du spectre disciplinaire. C'est d'autant plus important que les découvertes de demain se trouvent souvent à l'interface entre plusieurs sujets. Par conséquent, comme prédire l'avenir est difficile, conserver en dépit d'un sous-investissement chronique dans la recherche la couverture disciplinaire du CNRS – l'un des seuls organismes de recherche mondiaux à balayer toutes les thématiques scientifiques – maintient le pays à un niveau respectable.

“ La France est capable de former des chercheurs et chercheuses de très bon niveau sur l'ensemble du spectre disciplinaire.



← Céline Vallot (ici à gauche, avec une postdoctorante, au laboratoire DIG-Cancer, à l'Institut Curie) se concentre sur les mécanismes d'adaptabilité des cellules cancéreuses.

Précisément, pour accompagner ces évolutions et rendre le CNRS plus efficace, vous plaidez pour réduire le nombre d'instituts (les départements scientifiques de l'organisme) de 10 à 7. Pourquoi ce choix ?

T.D. Pour des raisons scientifiques. Les frontières disciplinaires ont considérablement évolué ces

25 dernières années et le CNRS, à la pointe de la science, doit matérialiser ces évolutions. Ce redécoupage disciplinaire³ s'appuie sur des problématiques partagées et des méthodes communes. Il a pour but de rendre dès à présent le CNRS encore plus opérationnel pour les 20 prochaines années.

Par ailleurs, montrer que le CNRS est un organisme capable de se réformer de l'intérieur m'est apparu absolument capital d'un point de vue stratégique vis-à-vis de nos partenaires, de nos tutelles et des acteurs politiques. En d'autres termes : oui, le CNRS s'ancre dans la science de demain et ne reste pas figé. ●

de la différence de salinité entre l'eau des rivières et l'eau de mer. L'exemple est d'autant plus frappant que le chercheur qui en est à l'origine, Lydéric Bocquet, s'intéressait à la recherche fondamentale, sans penser aux applications de ses découvertes. Or 15% de l'électricité mondiale pourrait être produite de la sorte. Et là-dessus, la France – avec le CNRS – est à la pointe.

Enfin, dans le domaine de la santé, la biologiste Céline Vallot a identifié un mécanisme fondamental et encore inconnu des cellules cancéreuses. Alors que ces dernières tendent à résister davantage aux traitements médicaux, cette découverte pourrait aider à moyen terme à repenser les protocoles de soin : traiter moins, mais de manière séquentielle, afin que les cellules tolérantes redeviennent sensibles et puissent à nouveau être traitées².

En parallèle à ces recherches fondamentales, il nous faut financer de la recherche à haut risque, c'est-à-dire un pari scientifique sur des projets qui ne sont pas certains d'aboutir, mais qui, s'ils réussissent, débouchent sur des innovations de rupture. C'est une chose que l'on fait sans doute encore mal en France au regard d'autres pays, comme les États-Unis. C'est pourquoi nous plaçons pour que l'État reconduise régulièrement un programme de recherche à risque et à impact, comme celui piloté par le CNRS depuis 2024.

“ **Les frontières disciplinaires ont considérablement évolué ces 25 dernières années et le CNRS doit matérialiser ces évolutions.**

1. La spintronique est le mariage de l'électronique, qui utilise la charge électrique des électrons pour transmettre de l'information, et du spin, une autre propriété intrinsèque des électrons.

2. Retrouvez nos articles déjà publiés sur Julie Grollier : tinyurl.com/jgrollier; sur Céline Vallot : tinyurl.com/cvallot; et sur Lydéric Bocquet : tinyurl.com/lbocquet

3. CNRS Biologie, CNRS Chimie, CNRS Mathématiques et Informatique, CNRS Physique et Ingénierie, CNRS Sciences humaines et sociales, CNRS Terre & Biosphère (rapprochement des activités de CNRS Écologie & Environnement et de CNRS Terre & Univers hors astrophysique et astronomie) et CNRS Univers et Particules (rapprochement de CNRS Nucléaire & Particules avec l'astrophysique et l'astronomie).

ADAPTER LES TERRITOIRES AU CLIMAT DE DEMAIN

Canicules, inondations, incendies, recul du trait de côte... Les effets du changement climatique varient d'une région à l'autre. Alors que la France pourrait connaître un réchauffement moyen de +4 °C d'ici à la fin du siècle, il faut anticiper ces évolutions et adapter les territoires à leurs vulnérabilités propres, rappelle le troisième Plan national d'adaptation au changement climatique¹. Pour aider à comprendre ces risques, imaginer des réponses adaptées et, parfois, pour convaincre les acteurs locaux d'agir, des équipes de recherche travaillent de plus en plus étroitement avec les collectivités territoriales.

Face à la multiplication des vagues de chaleur, la végétalisation fait souvent figure de réponse évidente, notamment contre les îlots de chaleur urbains. Or il en existe plusieurs types, comment l'ont montré la climatologue

Face au changement climatique, préparer les territoires est un processus lent, collégial et souvent incertain. Aux côtés des collectivités, la science produit des connaissances, éclaire les décisions et accompagne la construction de réponses ancrées dans les réalités locales.

✎ ANAÏS CULOT

Julia Hidalgo et ses collègues en analysant un large panel de villes françaises. « Certaines villes concentrent les températures les plus élevées dans leur centre, précise la chercheuse du Laboratoire interdisciplinaire solidarités, sociétés, territoires². D'autres sont davantage influencées par leur relief, tandis que les villes littorales bénéficient parfois d'un rafraîchissement diurne lié aux brises marines. » Un même problème ne se résout pas partout de la même manière !

Depuis plusieurs années, Julia Hidalgo accompagne Toulouse Métropole dans la production de cartographies climatiques. Il s'agit d'identifier les quartiers les plus vulnérables et les leviers d'action les plus pertinents. Parmi les pistes : végétalisation, ombrage

→ ou utilisation de matériaux moins absorbants – sans oublier « le vent, au potentiel de rafraîchissement encore rarement pris en compte dans l'aménagement urbain ».

Mais l'identification de solutions adaptées ne garantit pas une mise en pratique réussie. La géographe Nathalie Blanc³ l'a constaté avec les cours Oasis. Ces cours d'école végétalisées, déployées par la Ville de Paris, doivent lutter contre la chaleur urbaine tout en favorisant la biodiversité par la circulation des espèces. La chercheuse et son équipe ont voulu déterminer les cours à végétaliser en priorité.

« Sur le papier, la trame verte modélisée était formidable, décrit la directrice du Centre des politiques de la Terre. Mais, lorsque nous sommes arrivés dans les cours d'école, des problèmes sont apparus : la présence de rats, des questions de gestion, des contraintes d'entretien... »

Il faut alors associer les acteurs chargés de concevoir, gérer et faire vivre ces aménagements. « Nous avons été les premiers à réunir les services des bâtiments, des espaces verts et scolaires dans un même groupe de discussion local », relève la chercheuse. Faire émerger des solutions partagées implique un travail d'acculturation mutuelle et d'appropriation que peuvent accompagner les scientifiques.

Une culture scientifique commune

Cette appropriation peut conduire les scientifiques à expérimenter de nouveaux outils. Exemple : Reve-Cot, un projet de réalité virtuelle sur les risques de submersion marine du littoral normand. Son but ? Faire émerger une culture scientifique commune autour des risques côtiers, afin que le débat porte sur les choix à effectuer plutôt que sur les données.

À partir d'événements historiques, de témoignages d'habitants et de modélisations numériques, les chercheurs du laboratoire Identité et différenciation de l'espace, de l'environnement et des sociétés⁴, à Caen, et du Centre interdisciplinaire de réalité virtuelle de l'université Caen Normandie ont reconstitué plusieurs scénarios de montée des eaux sur les côtes normandes.

Cet outil, présenté à plus de 500 élus, a déplacé le débat. « Nous sommes passés d'élus qui nous

disaient : "Ce n'est pas possible", à : "Comment fait-on ?" », résume Stéphane Costa⁵. Ce qui témoigne d'une demande croissante des acteurs publics pour l'expertise scientifique. « Les élus voient que le changement climatique est déjà à l'œuvre sur leurs territoires. Combiné à la confiance construite avec la recherche et à la rarefaction des moyens publics, cela favorise l'émergence de solutions plus collectives », observe le géographe.

Mais, face aux enjeux climatiques, les collaborations ponctuelles peuvent montrer des limites. C'est pourquoi Rennes a opté pour la création du laboratoire commun Rennat⁶, un modèle partenarial mêlant chercheurs et chercheuses du laboratoire Littoral, environnement, télédétection, géomatique⁷ et acteurs des collectivités. Qui travaillent ensemble sur l'avenir des quelque 100 000 arbres de la métropole, confrontés à des canicules de plus en plus fréquentes.

→ Collecte de feuilles d'un chêne pédonculé, à Rennes. Le but est de confronter les observations sur le terrain et l'imagerie satellitaire, afin de savoir si la télédétection permet de différencier les divers types de stress subis par les arbres en ville.



Au cœur de ce partenariat – le premier entre le CNRS et une collectivité territoriale – figure une question : quels arbres planter pour adapter la ville au climat à venir ? « Certaines essences devront être remplacées, d'autres, introduites progressivement, note Didier Chapellon, élu délégué à la biodiversité de la Ville de Rennes. Mais nous avons besoin de données scientifiques pour éclairer ces décisions. »

La force de cette collaboration réside par ailleurs dans sa capacité à replacer l'action publique dans la temporalité du changement climatique, souligne Justin Amiot, l'élu rennais chargé de l'enseignement supé-

rieur et de la recherche. « Le contact avec les scientifiques nous aide à lever la tête du guidon, observe-t-il. Nous savons que nous devons prendre du recul, mais nous ne prenons pas toujours le temps de le faire. » Un investissement sur le temps long dont les bénéfices se mesureront souvent bien au-delà des échéances politiques immédiates.

Habiter le climat de demain

Adapter les territoires consiste, enfin, à comprendre comment les habitants vivent la chaleur. C'est ce qu'étudie Manon Kohler, du laboratoire Théoriser et modéliser pour

“ Le tout premier partenariat noué par le CNRS avec une collectivité locale doit répondre à une question : quels arbres planter pour adapter la ville au climat à venir ? ”



© JEAN-CLAUDE MOSCHETTI / LETG / CNRS IMAGES

ÇA SE PASSE AU CNRS

ÉNERGIE

ÉOLIENNES OFFSHORE ET BIODIVERSITÉ

À l'heure où les projets industriels d'éoliennes offshore se multiplient le long des quatre façades maritimes de l'Hexagone, une expertise scientifique collective menée par le CNRS et l'Ifremer, restituée fin juin, a dressé l'état des lieux de leurs effets sur la biodiversité marine et des mesures d'atténuation étudiées par la littérature scientifique : tinyurl.com/eoliennes-biodiversite

ESPACE

LA RECHERCHE, PILIER DU SPATIAL

Les 9 et 10 septembre 2026 se tenait à Paris le Sommet international sur l'espace. Le CNRS s'y est positionné comme un acteur clé de la recherche spatiale, à l'heure où le secteur spatial traverse une période de profonde transformation à l'échelle mondiale : tinyurl.com/spatial-recherche

INNOVATION

PREMIÈRE ÉTAPE FRANCHIE POUR LA RECHERCHE À RISQUE

À l'été 2026, 11 des 12 projets sélectionnés deux ans plus tôt dans le cadre du programme « Accélération de la recherche à risque » (recherche fondamentale ou innovante au résultat incertain, mais pouvant déboucher sur une rupture conceptuelle ou technologique) du CNRS ont passé le premier jalon d'évaluation. Plusieurs de ces projets risqués ont déjà relevé des défis techniques scientifiques inédits, signe qu'ils pourraient prochainement déboucher sur des innovations de rupture : tinyurl.com/recherche-risque

INTERNATIONAL

COOPÉRATIONS CNRS-AFRIQUE: UNE NOUVELLE PHASE

Plus de quatre ans après son lancement, le Plan pluriannuel de coopérations du CNRS avec l'Afrique tire les enseignements de sa première étape et ouvre un nouveau chapitre, affirmé comme un levier essentiel pour répondre aux défis globaux. Après les 60 premières collaborations scientifiques, 4 projets lauréats d'un nouveau genre rejoignent le programme et son fil directeur, résolument interdisciplinaire et interrégional : tinyurl.com/cnrsafrique

aménager⁸. « Les modèles utilisés pour évaluer le confort thermique ont été développés sur des hommes adultes et en bonne santé, remarque la biométéorologiste. Or nous avons montré que les seuils de stress thermique des enfants étaient inférieurs de 1 à 2 °C à ceux des profils standards. »

Et le constat est le même pour les femmes, les personnes âgées, ou encore pour les individus souffrant de certaines pathologies. Pourtant, ces comportements d'adaptation des populations restent sous-exploités dans l'aménagement territorial.

Sur le terrain, la chercheuse collabore donc avec Grand Besançon autour de la cartographie d'espaces refuges. Elle met en évidence des écarts parfois importants entre les lieux jugés protecteurs par la Métropole et ceux effectivement fréquentés lors des épisodes de chaleur. « Un espace refuge n'est pas forcément un espace frais, résume Manon Kohler. C'est avant tout un lieu où les gens cherchent à se soustraire à un danger perçu. »

Une approche d'autant plus importante que des aménagements efficaces aujourd'hui pourraient devenir insuffisants demain. « Nous allons vers des étés plus chauds et notre référence de ce qui est normal va changer », assure la chercheuse. Que signifie alors s'adapter au changement climatique : réduire la température à tout prix ou apprendre à vivre dans un environnement plus chaud ? ●

1. Voir : tinyurl.com/plan-climat-3 2. LISST, unité CNRS/Univ. Toulouse Jean Jaurès. 3. Dynamiques sociales et recomposition des espaces (Ladyss, unité CNRS/Univ. Paris 1 Panthéon-Sorbonne/Univ. Paris Cité/Univ. Paris Nanterre/Univ. Paris 8 Vincennes-Saint-Denis). 4. Unité CNRS/Univ. Caen Normandie/Univ. Le Havre Normandie/Univ. Rouen Normandie. 5. Identité et différenciation de l'espace, de l'environnement et des sociétés (Ideas, unité CNRS/Univ. Caen Normandie/Univ. Le Havre Normandie/Univ. Rouen Normandie). 6. Rennes, nature & adaptation territoriale. 7. LETG, Unité CNRS/Univ. Rennes 2. 8. ThéMA, unité CNRS/Univ. Bourgogne Europe/Univ. Marie et Louis Pasteur.

Notre vocation : transmettre l'avancée des connaissances à travers des ouvrages qui font référence et répondent aux grands questionnements contemporains.

Avec près de 130 nouveautés par an signées de chercheurs et chercheuses du CNRS, des universités et d'autres organismes reconnus dans leur domaine, CNRS Éditions couvre de nombreux champs de recherche scientifiques pour tous les publics — de la vulgarisation aux travaux les plus proches de l'état de la recherche.



Buffy, The L Word, Game of Thrones, The Handmaid's Tale, The Crown, Succession, Lupin, La Fièvre...
Récemment ou devenues cultes, les séries télévisées



constituent l'un des derniers espaces culturels massivement partagés où les valeurs de démocratie, d'égalité, de justice sont encore pour un temps préservées, défendues, exprimées, visibles. Professeure de philosophie à l'université Paris 1 Panthéon Sorbonne, Sandra Laugier propose dans cet essai de considérer que, loin de nous priver d'un temps précieux, les séries éveillent des formes d'empathie, d'attention et de discernement qui sont au cœur de la vie démocratique

→ 11 € ; 208 pages



Faire l'histoire de l'intelligence artificielle ne consiste pas à raconter les progrès d'une discipline née en 1956 à Dartmouth. C'est restituer la généalogie longue d'une idée — celle d'une intelligence détachable de l'humain — qui s'est élaborée simultanément



dans la philosophie, les mathématiques, les arts, les techniques et les fictions. Cet ouvrage collectif, dirigé par Alexandre Gefen, réunit historiens des sciences, philosophes, informaticiens et théoriciens des arts. Richement illustré, ponctué de chronologies et d'essais transversaux, il déploie un panorama d'une ampleur et d'une originalité inédites.

→ 28 € ; 378 pages



Plastiques : la science démêle le vrai du faux

Star des salles de bains, le canard en plastique jaune est aussi le « héros » de ce livre, qui dévoile avec humour, rigueur et poésie l'omniprésence des plastiques ainsi que leurs impacts sur les milieux naturels et sur la santé humaine.

Nourri par une science

indépendante, transdisciplinaire et curieuse, l'ouvrage dépoussière de façon ludique les idées reçues et les fausses bonnes solutions. Il invite à considérer le plastique comme un phénomène systémique et invente une manière originale d'aborder les enjeux contemporains : entre enquête scientifique et documentaire graphique.

→ 22 € ; 144 pages ; Nelly Pons (autrice) ; Pome Bernos (illustratrice) ; Jean-François Ghiglione (direction scientifique)



Les ouvrages, composés et imprimés en France, sont disponibles dans toutes les librairies indépendantes, les grandes surfaces, les bibliothèques universitaires, sur les principales plateformes de vente en ligne et sur notre site :

www.cnrseditions.fr





Malachite du Congo (collection du muséum de Toulouse).

EXPOSITION

MINÉRAUX, BIEN PLUS QUE DES CAILLOUX

Qu'ont de commun une bague, une automobile et un téléphone ? Tous contiennent des minéraux. Or ces visiteurs venus d'ailleurs – des entrailles de la Terre ou d'autres corps célestes – font aujourd'hui l'objet d'une course à l'extraction, dernière étape de la relation plus que millénaire que les sociétés humaines entretiennent avec les ressources minérales. Une odyssée qu'une exposition retrace au muséum de Toulouse.

* **Minéraux, bien plus que des cailloux**, au muséum de Toulouse, jusqu'au 4 juillet 2027.



LIVRE

Papillons de Marseille

Expérimentation scientifique originale, le Parc urbain des papillons (PUP), à Marseille, a permis de doubler en une décennie le nombre d'espèces de lépidoptères observées en zone urbaine. Conçu par les chercheurs du PUP, ce guide didactique, richement illustré, permet de reconnaître plus de 100 espèces de papillons à Marseille et dans le parc national des Calanques, et de tout connaître de leur mode de vie. Pratique : une carte des principaux sites d'observation permet de savoir où chaque espèce a ses habitudes.

* **Papillons de Marseille**, par Magali Deschamps-Cottin, Chloé Duque et Louise Seguinell, 209 pages, Le Naturographe Éditions, décembre 2025, 22 €.

À LIRE À VOIR...

Laie de Cahors.



EXPOSITION

Gaulois, mais Romains

Comment la Gaule est-elle devenue romaine après la conquête de Jules César ? Les Gallo-Romains ont-ils véritablement existé ? Une exposition au Musée Saint-Raymond, à Toulouse, retrace le quotidien, les croyances et les pratiques religieuses des habitants de la Gaule après la conquête romaine – ou comment deux cultures se mélangent pour donner naissance à une société riche et complexe.

* **Gaulois, mais Romains ! Chefs-d'œuvre du Musée d'archéologie nationale**, au Musée Saint-Raymond, à Toulouse, jusqu'au 3 janvier 2027.

LIVRE

Balade éthologique

Des fourmis aux éléphants, des mésanges aux dauphins, les animaux déploient une extraordinaire diversité de stratégies pour se nourrir, communiquer, se reproduire ou coopérer – des stratégies que l'éthologie (science du comportement animal) s'efforce de percer. Les chercheurs Raymond Nowak et Mathieu Lihoreau, photographes et schémas scientifiques à l'appui, nous entraînent au cœur des découvertes qui ont bouleversé notre compréhension des comportements animaux et interrogent sous un jour nouveau les frontières entre instinct

et intelligence, culture et nature, humanité et animalité.

* **Le Comportement animal**, Raymond Nowak et Mathieu Lihoreau, 480 p., Belin Éditeur, collection « Mondes scientifiques », octobre 2026, 42 €



LIVRE

Étonnants matériaux

Vous connaissez bien sûr le bois et le béton ; vous avez sans doute déjà entendu parler des terres rares. Mais savez-vous ce que sont les matériaux épitaxiaux et les MXènes ? et quel rôle le diamant joue dans les technologies informatiques ? Vous le découvrirez en lisant **Étonnants matériaux** ! À travers une soixantaine d'articles courts, des chercheurs et chercheuses en chimie, physique et ingénierie racontent comment explorer, transformer et réinventer la matière, afin de répondre aux enjeux des grandes transitions de notre temps.

* **Étonnants matériaux**, sous la direction de Séverine Martenchar, Laurent Orgéas et Anne-Valérie Ruzette, 448 p., CNRS Éditions, sept. 2026, 26 €





Je suis tombé nez à nez avec un groupe de lions



Laurent Bruxelles

Géomorphologue spécialisé dans l'étude des grottes et des paysages karstiques, détaché à l'Institut français d'Afrique du Sud.

Cette rencontre pour le moins inattendue s'est déroulée le 3 mai 2016 dans le nord-ouest du Botswana, près de la frontière avec la Namibie. Je supervisais alors une mission de reconnaissance destinée à explorer un gouffre calcaire repéré quelques mois plus tôt par des collègues spéléologues sud-africains. La cavité en question est nichée dans l'une des rares collines qui parsèment le paysage de savane typique de cette partie du Kalahari. J'y allais avec un secret espoir : retrouver des fossiles d'hominines, les plus anciens représentants du genre humain. Les grottes karstiques, dont je suis spécialiste, sont en effet des pièges naturels où tombe par accident la faune – animaux, mais aussi humains –, la préservant de la destruction à laquelle elle était promise en surface.

Après plusieurs heures de 4x4 depuis notre camp de base, nous laissons le véhicule au bout de la piste pour parcourir à pied les deux derniers kilomètres. Équipé d'un GPS et de mon matériel de spéléologie, je prends la tête de notre petit groupe. Nous marchons depuis plusieurs dizaines de minutes lorsqu'un collègue français situé derrière moi signale la présence de lions. En relevant la tête, j'aperçois à mon tour trois lionnes émerger d'un buisson situé à une cinquantaine de mètres devant nous.

Elles aussi nous ont repérés. Après une phase d'observation qui semble durer une éternité, elles finissent par s'en aller... L'effet de sidération passé, nous décidons de reculer lentement d'une centaine de mètres. Faut-il poursuivre l'expédition et prendre



le risque de croiser des fauves moins pacifiques en fin de journée, ou rebrousser chemin sans attendre ? Nous optons pour la seconde stratégie. À l'aide du GPS, je trace immédiatement un nouvel itinéraire passant à bonne distance du bouquet d'arbustes qui abritait la famille de félins quelques instants plus tôt. Au prix d'un détour de plusieurs kilomètres, nous rejoignons finalement notre 4x4 sans encombre. Une fois sur place, je remarque toutefois la présence d'empreintes relativement fraîches tout autour du véhicule...

Je prends alors conscience que l'homme ne se situe pas toujours au sommet de la chaîne alimentaire ! La prochaine fois, nous serons plus prudents et déploierons un drone pour nous assurer que la voie est libre.

Longtemps, l'Afrique de l'Est – et l'Éthiopie, particulièrement – a fait figure de berceau de l'humanité. Désormais, on sait que l'Afrique australe héberge aussi des fossiles d'intérêt. L'année 2015 a constitué un tournant à cet égard. Aux côtés du paléoanthropologue sud-africain Ronald Clarke, j'ai participé à la nouvelle datation de Little Foot, retrouvé en 1994 sur le site préhistorique de Sterkfontein, en Afrique du Sud. L'australopithèque n'avait pas 2,2 millions d'années, comme on le supposait jusqu'alors, mais était en réalité âgée de 3,7 millions d'années, détrônant la célèbre Lucy. Une découverte qui a contribué à faire émerger l'idée que c'est bien l'Afrique dans son ensemble qui serait le berceau de l'humanité. ●

Je prends conscience que l'homme n'est pas toujours au sommet de la chaîne alimentaire !



FONDATION 

Donnons à la recherche
les moyens de ses ambitions.

SOUTENEZ-NOUS

Site web : fondation-cnrs.org

Par courrier à la Fondation CNRS : 3, rue Michel-Ange - 75016 Paris

CONTACTS

Téléphone : 01 44 96 44 49

E-mail : contact@fondation-cnrs.org

CARNETS DE SCIENCE

La revue du CNRS

#20 actuellement
en vente
en librairie et Relay
200 pages / 14 €



Entrez dans
les coulisses
de la recherche



CNRS ÉDITIONS

www.carnetsdescience-larevue.fr