



# SCIENCES EN BULLES

peb & fox





### peb & fox

Issus d'un cursus universitaire en sciences sociales, mais pratiquant l'humour ou le dessin depuis toujours, il nous est vite apparu que ce n'est pas en faisant une thèse que nous pourrions mettre en avant ces aptitudes. Finalement, la bande dessinée nous permet aujourd'hui de satisfaire notre curiosité dans plus de domaines qu'on n'aurait pu l'imaginer.

[www.facebook.com/pebfox/](http://www.facebook.com/pebfox/)

**Scénarios des BD :** peb

**Dessins et mise en couleurs des BD :** fox

**Direction artistique :** Guillaume Prieur

**Rédaction et édition :** Catherine Cornu

**Relecture :** Valérie Poge

© 2021, groupe Sciences pour tous,  
Syndicat national de l'édition  
ISBN : 978-2-909 677-10-1

## PRÉFACE

La Fête de la science a trente ans ! Les valeurs de convivialité et de créativité qui ont présidé à son lancement par Hubert Curien n'ont pas pris une ride et continuent d'animer les milliers d'événements organisés partout en France au début de l'automne. Pour autant, les formes de médiation dans lesquelles elles s'incarnent ont, elles, considérablement évolué au cours de ces trois décennies.

L'initiative « Sciences en bulles », qui accompagne la Fête de la science pour la 3<sup>e</sup> année consécutive, en est la preuve. Elle est née d'une double ambition : tout d'abord, initier les doctorants à la médiation à l'aube de leur carrière scientifique, à l'image du dispositif « Ma thèse en 180 secondes », afin de former une nouvelle génération de chercheurs, pleinement engagée dans le partage de la science ; ensuite, créer des ponts entre sciences et arts, pour restaurer l'unité de la culture, révéler les résonances entre recherche et création, et permettre leur enrichissement mutuel. Les dix sujets de thèse « mis en bulles » cette année ont magnifiquement inspiré nos bédéistes et, en retour, ces artistes nous rappellent combien l'art est un formidable passeur de science, capable de rendre sensibles ses concepts les plus abstraits, de tirer le fil de ses théories vers l'imaginaire et de faire éclore les mondes nouveaux qu'elle porte en germe.

Quel thème plus propice à leur réunion que celui de cette édition anniversaire : « Eurêka ! l'émotion de la découverte » ? En prenant le contrepied d'une science prétendument froide et désincarnée, en levant le voile sur la pluie de sentiments qui irrigue le travail de recherche, en amenant le grand public à goûter aux joies de la connaissance, cette Fête de la science invite chercheurs et citoyens à se retrouver autour du plaisir de résoudre les grandes énigmes de la nature, de l'homme et de la société.

L'émotion de la découverte, c'est aussi celle qui s'est emparée du monde entier lorsque les premiers vaccins contre la Covid-19 ont été mis au point il y a quelques mois. Par-delà les polémiques, la recherche a montré qu'elle était l'alliée incontournable d'une humanité aux prises avec l'inconnu. L'espoir qu'elle a fait jaillir en réalisant en quelques mois ce qui demande habituellement une décennie de travaux résonne en réalité bien au-delà de la crise sanitaire : cette prouesse biomédicale nous invite à croire plus que jamais en la capacité de la science à relever les autres défis, climatiques, économiques, sociétaux, qui nous attendent.

Mais si nous voulons lui donner ce pouvoir, il faut aussi que chercheurs et citoyens retrouvent le chemin du partage et de la confiance, aujourd'hui obstrué par les fausses informations, le relativisme, le doute irrationnel, dont l'emprise s'est révélée à la lumière de la crise.

Le moment est venu de renouveler le pacte entre la science et la société en insufflant dans leurs relations plus de réciprocité et plus de proximité. La loi de programmation de la recherche en a affirmé l'ambition et elle s'incarne aujourd'hui dans une politique inédite. Elle repose sur trois piliers : la reconnaissance de l'implication du monde académique dans le partage de la science ; la promotion d'initiatives territoriales, adossées à des sites universitaires et coconstruites avec les associations, les étudiants, les médias, les acteurs culturels, les collectivités ; une animation nationale tournée vers la prospective, l'évaluation et l'innovation.

Ces grandes orientations sont déjà présentes en germe dans la collection « Sciences en bulles », qui fait son miel de l'engagement des jeunes chercheurs, de la signature scientifique de leurs établissements et de la formidable énergie collaborative des universités, des artistes et des éditeurs.

Nous espérons que vous serez nombreux à parcourir ce nouvel opus et à profiter des milliers d'événements organisés partout en France cet automne : car, que ce soit au détour d'une bulle, derrière les portes d'un laboratoire, dans les méandres d'un *escape game*, à l'acmé d'un spectacle ou au cœur des reportages de *Science en direct*, l'émotion de la découverte sera, plus que jamais, au rendez-vous !



Frédérique Vidal,  
ministre de l'Enseignement supérieur,  
de la Recherche et de l'Innovation



Roselyne Bachelot,  
ministre de la Culture

## LA FÊTE DE LA SCIENCE : TOUTES LES SCIENCES, PARTOUT, POUR TOUS

Organisée par le ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation depuis 1991, la Fête de la science, c'est dix jours de manifestations gratuites, tous les ans au mois d'octobre et de novembre, partout en France métropolitaine, en outre-mer et à l'international.

Des milliers de scientifiques et de médiateurs se réunissent pour l'occasion et partagent avec les publics leur enthousiasme pour les sciences, les techniques et les innovations.

De multiples formats permettent de faire vivre les sciences à tous les publics dans une approche ludique, festive et participative : expériences, conférences, festivals, visites de laboratoires, de fab labs, de sites naturels et industriels, cafés des sciences, spectacles vivants...

Les visiteurs sont accueillis dans les fameux villages des sciences, au cœur des villes ou des villages, sous des chapiteaux, des tentes ou des pagodes.

Le public peut également intégrer un parcours scientifique, une balade déambulatoire d'un laboratoire à un lieu d'expérimentation ou à un musée de culture scientifique et technique. De nombreux événements singuliers constellent les régions françaises et il y en a forcément un près de chez vous.

Retrouvez le programme en ligne sur [www.fetedelascience.fr](http://www.fetedelascience.fr) !

## PRÉSENTATION DU GROUPE SCIENCES POUR TOUS

Depuis 2004, au sein du SNE, les éditeurs de « Sciences pour tous » se sont donné pour mission de mettre en valeur les livres qui répondent aux questions de chacun en matière de culture et de découvertes scientifiques. Leur objectif est d'aider le grand public ainsi que les professionnels du livre – bibliothécaires et libraires – non seulement à mieux connaître les ouvrages de sciences, mais surtout à se familiariser avec le monde des sciences, qu'ils essayent de rendre accessible à chacun, adulte ou enfant. Christian Counillon préside le groupe **Sciences pour tous**.

**Sciences pour tous** organise depuis plus de dix ans des conférences d'auteurs au Salon Livre Paris. Le groupe s'attache également à développer le site [www.sciencespourtous.org](http://www.sciencespourtous.org), dont le catalogue présente une sélection d'ouvrages de pas moins de 2 000 titres pour la jeunesse et les adultes ! Il a lancé un projet de kiosques en centres et musées de sciences, puis en bibliothèques, créé deux catalogues, l'un de 900 titres pour un rayon de base en librairie, puis un autre, « Les 200 incontournables de sciences pour tous ». Il a également travaillé à la nationalisation du prix Sciences pour tous, qui sollicite des collégiens et des lycéens pour attribuer tous les ans un prix au meilleur titre sur un thème donné. Enfin, il a lancé à l'automne 2016 un label « Sciences pour tous » , qui est dorénavant accolé à chaque titre choisi pour faire partie du site [sciencespourtous.org](http://sciencespourtous.org) dans le Fichier exhaustif du livre (FEL).

## PRÉSENTATION DU SYNDICAT NATIONAL DE L'ÉDITION ([www.sne.fr](http://www.sne.fr))

Le Syndicat national de l'édition (SNE) est l'organe professionnel représentatif des éditeurs français. Avec plus de 800 adhérents, il défend la liberté de publier, le droit d'auteur, le prix unique du livre, la diversité culturelle et l'idée que l'action collective permet de construire l'avenir de l'édition. Il contribue à la promotion du livre et de la lecture. Il est présidé par Vincent Montagne et dirigé par Pierre Dutilleul.

## SOMMAIRE

PRÉFACE .....	3
<b>1. Alexandra Guennec</b> .....	10
<b>MICROBES ET COQUES DE BATEAUX</b> Biopolymère amphiphile pour surface anti-biofilm	
<b>2. Olivia Dorado</b> .....	14
<b>CINÉMA : RETOUR VERS LES EFFETS SPÉCIAUX</b> Effets visuels scénographiques : l'expression d'une identité filmique par l'hybridation	
<b>3. Perle Guarino-Vignon</b> .....	18
<b>L'ÉNIGME DES POPULATIONS D'ASIE CENTRALE</b> Étude paléogénétique des migrations humaines autour de la mer Caspienne pendant la protohistoire	
<b>4. Conrad Mastalerz</b> .....	22
<b>LA 4D AU SERVICE DE PROTHÈSES ÉVOLUTIVES !</b> Impression 4D de polymères pour la santé	
<b>5. Antoine Pasquier</b> .....	26
<b>LES NOUVEAUX DÉFIS DE L'AGRICULTURE</b> De la preuve de concept à l'optimisation : utilisation d'une espèce d'acariens prédateurs du sol comme moyen de lutte alternative aux pesticides chimiques contre un ravageur des racines du maïs	
<b>6. Johan Foudrinoy</b> .....	30
<b>EAUX MORTES, HISTOIRE ET OCÉANOGRAPHIE</b> Ménagerie des interactions ondes-courants	
<b>7. Alexandra Maure</b> .....	34
<b>TUBERCULOSE : LA LUTTE CONTINUE</b> Améliorer le traitement de la tuberculose grâce à des stratégies dirigées vers l'hôte	
<b>8. Éric Sergent</b> .....	38
<b>LA BEAUTÉ CACHÉE DANS LES CIMETIÈRES</b> Cimetières et sépultures en France, 1843-1914. L'art funéraire à travers les exemples de Paris, Lyon et Dijon	
<b>9. Deborah Federico</b> .....	42
<b>LES MOUCHES ONT-ELLES DES TRADITIONS ?</b> Transmission culturelle chez la drosophile : approches expérimentales et théoriques	
<b>10. Solenn Percelay</b> .....	46
<b>DES SOURIS POUR SOIGNER LA SCHIZOPHRÉNIE</b> Validation d'un modèle murin de schizophrénie pour améliorer la recherche de nouveaux traitements. Approche psychopharmacologique, en imagerie et en électrophysiologie	
PRÉSENTATION DES AUTRICES ET DES AUTEURS .....	50
ET POUR EN SAVOIR PLUS .....	53
... SANS OUBLIER L'ACTUALITÉ DU LIVRE DE SCIENCE .....	55

# 1 MICROBES ET COQUES DE BATEAUX

Les microbes aiment vivre en bande. Leur stratégie consiste à choisir un support sur lequel ils se fixent en nombre – les coques de bateaux constituent un de leurs habitats privilégiés – et à former un biofilm en s’entourant d’une substance qui leur permet de se protéger, de se nourrir et de respirer.

Or les bateaux sont freinés par cette accumulation de microbes. En outre, ils transportent les biofilms vers de nouveaux milieux, que les microbes peuvent alors envahir. Enfin, l’entretien des coques de bateaux ainsi colonisées est onéreux. Pour remédier à ce problème, il existe des peintures anti-biofilm, mais elles polluent les océans lorsqu’elles se dégradent.

Trouver une solution éco-responsable pour peindre les bateaux de demain, tel est le défi de ma thèse. Je travaille sur des bioplastiques biodégradables, produits par des bactéries ! Mes premiers résultats, très encourageants, me permettent d’espérer contribuer à la protection des océans, dont le devenir me préoccupe particulièrement.

## POUR EN SAVOIR PLUS

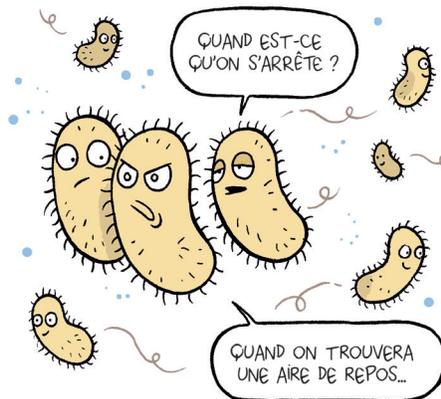


TITRE ORIGINAL DE LA THÈSE

Biopolymère amphiphile pour surface anti-biofilm

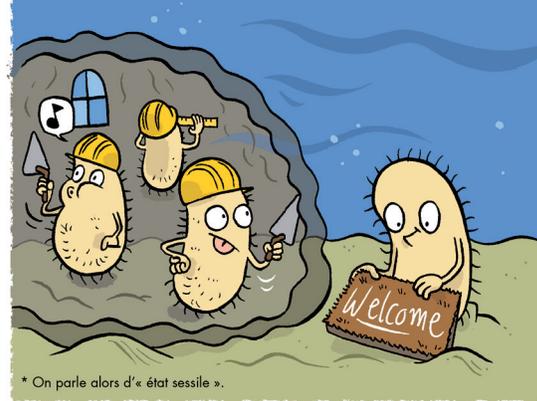


DANS LA MER, NOMBRE DE BACTÉRIES CIRCULENT DANS TOUS LES SENS\* AVEC UN SEUL BUT...



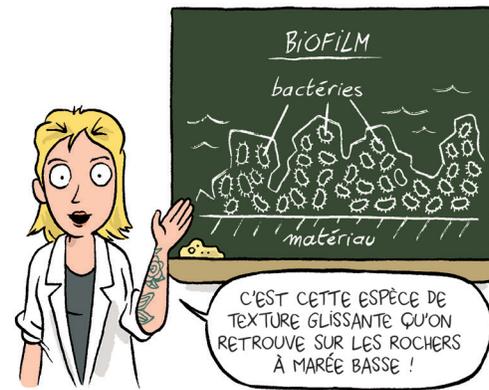
\* On parle d'« état planctonique ».

DÈS QU'ELLES RENCONTRENT UNE SURFACE SUR LAQUELLE ELLES PEUVENT SE FIXER\*, ELLES COMMENCENT À PRÉPARER LE TERRAIN POUR LE DÉVELOPPEMENT DU RESTE DE LA COLONIE.



\* On parle alors d'« état sessile ».

IL S'AGIT DE TISSER UNE GRANDE STRUCTURE : LE BIOFILM. C'EST UN ABRÏ CONTRE LES AGRESSIONS DU MILIEU, QUI LEUR PERMET DE SE REPRODUIRE\* MASSIVEMENT.



\* Le plus souvent chacune se divise en deux nouvelles bactéries.

EN MER, LES NAVIRES SUR LA COQUE DESQUELS SE FIXE LE BIOFILM SONT RALENTIS ET CONSOMMENT PLUS DE CARBURANT.



CE PHÉNOMÈNE PEUT ÊTRE ÉVITÉ GRÂCE À DES PEINTURES HIGH-TECH QUI ONT LA CAPACITÉ DE RENDRE LES SURFACES DES MATÉRIEAUX INDÉTECTABLES PAR LES BACTÉRIES.



\* Grande chaîne formée par un assemblage de plusieurs molécules.

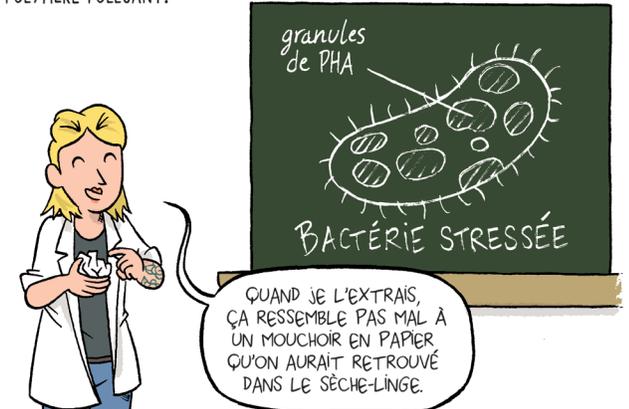
PLUS PRÉCISÉMENT, IL S'AGIT D'UNE PEINTURE CONTENANT DU POLYÉTHYLÈNE GLYCOL\*, QUI AGIT COMME UNE CAPE D'INVISIBILITÉ (LA BACTÉRIE N'Y VOIT QUE DE L'EAU).



IL EST POSSIBLE D'AGIR SUR LES PROPRIÉTÉS DU PHA PRODUIT EN MODIFIANT LE MILIEU DANS LEQUEL LES BACTÉRIES ÉVOLUENT.



JE N'AI PLUS QU'À RÉCUPÉRER LES RÉSERVES QU'ELLES SE SONT CONSTITUÉES, POUR LES INTRODUIRE DANS MA NOUVELLE PEINTURE EN REMPLACEMENT DU POLYMÈRE POLLUANT.



## 2 CINÉMA : RETOUR VERS LES EFFETS SPÉCIAUX

Nous avons tous été bluffés par les effets spéciaux, souvent impressionnants, de tel ou tel film, qu'il soit récent ou ancien. Et nous avons pu constater combien leur esthétique a évolué avec le temps.

Les débuts du cinéma sont marqués par les emprunts des procédés optiques et mécaniques issus des arts de la scène et de la photographie. Puis sont arrivés la robotique et enfin le numérique, qui se taille aujourd'hui la part du lion. Néanmoins, ces nouvelles techniques s'accompagnent de la perte du charme désuet des anciens procédés et d'un lissage de l'éventail des propositions visuelles.

J'étudie les esthétiques qu'induisent les différentes techniques, puis je vois s'il est intéressant et possible de les adapter et de les combiner entre elles. Peut-on utiliser du vieux pour faire du neuf ?

Mon objectif : élargir le champ des esthétiques disponibles – ce qui permettra de choisir en fonction des sujets et des budgets des films – et valoriser le savoir-faire des techniciens sur les tournages.

### POUR EN SAVOIR PLUS



### TITRE ORIGINAL DE LA THÈSE

Effets visuels scénographiques : l'expression d'une identité filmique par l'hybridation



EN MATIÈRE D'EFFETS SPÉCIAUX AU CINÉMA, LE FOND VERT A PRIS UNE PLACE PRÉPONDÉRANTE : GRÂCE AU NUMÉRIQUE, IL PERMET D'INCRUSTER FACILEMENT DES ÉLÉMENTS APRÈS LE TOURNAGE. COMME LE DÉCOR, PAR EXEMPLE.

ON VERRA ÇA EN POST-PROD' !

FORCÉMENT, SUR LE PLATEAU, L'AMBIANCE EST BIEN MOINS CHALEUREUSE QU'AUTREFOIS. MAIS IL FAUT RECONNAÎTRE QUE LE NUMÉRIQUE PERMET DE CONTOURNER NOMBRE DE DÉFAUTS ENGENDRÉS PAR LES ANCIENNES TECHNIQUES.

TRÈS VITE, LE TOURNAGE EN STUDIO A NÉCESSITÉ DE TROUVER DES SOLUTIONS POUR VARIER FACILEMENT LES ARRIÈRE-PLANS.



C. L. Gaskill, Cléopâtre (1912).

LES « TRUCAGES » ET LE CINÉMA SE SONT DÉVELOPPÉS EN MÊME TEMPS. LEUR PLUS GRAND PIONNIER, GEORGES MÉLIÈS, S'EST BEAUCOUP SERVI DE SON MÉTIER D'ILLUSIONNISTE, ET AUSSI DE TECHNIQUES DÉJÀ UTILISÉES AU THÉÂTRE.



G. Méliès, L'Homme à la tête en caoutchouc (1901).

PENDANT LONGTEMPS, IL A ÉTÉ COURANT DE PROJETER LE DÉCOR DERRIÈRE UN ÉCRAN UN PEU TRANSPARENT ET DE PLACER LES COMÉDIENS DEVANT LUI\*.

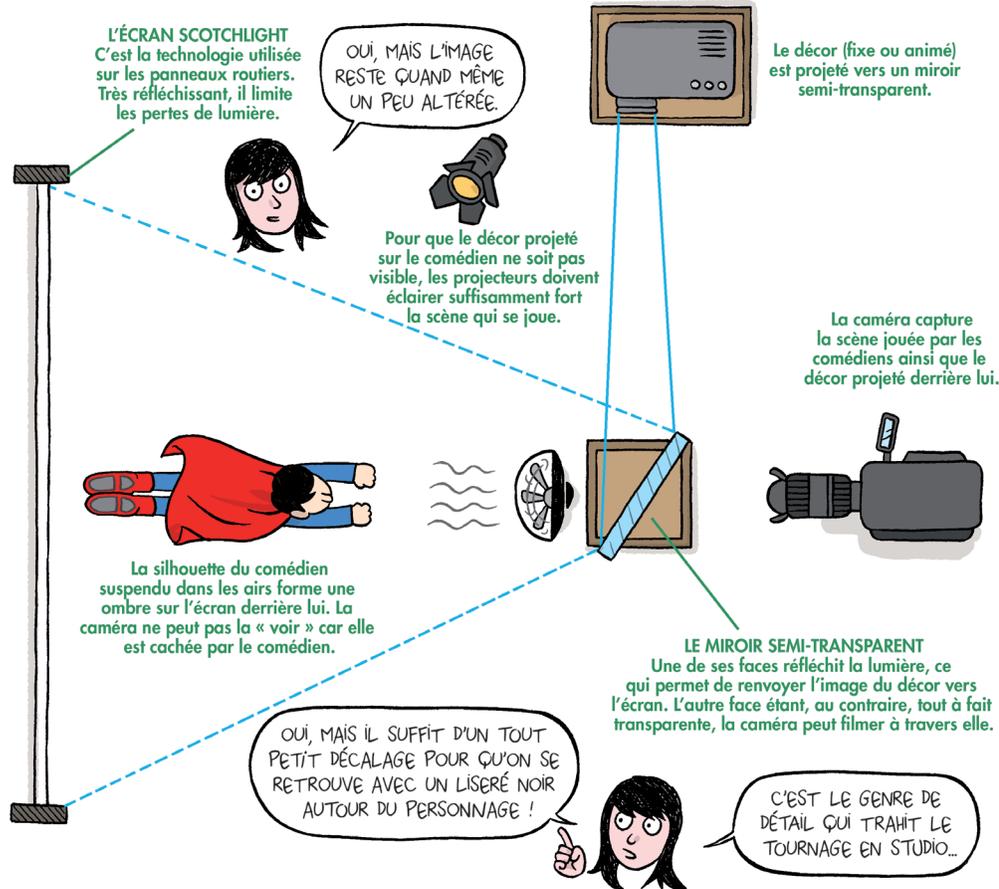


A. Hunebelle, Fantômes se déchaine (1965).

PRATIQUE ! MAIS LA LUMINOSITÉ ET LA PRÉCISION DE L'IMAGE SONT ALTÉRÉES. DE PLUS, UN PLATEAU DE TOURNAGE D'UNE GRANDE PROFONDEUR EST OBLIGATOIRE.

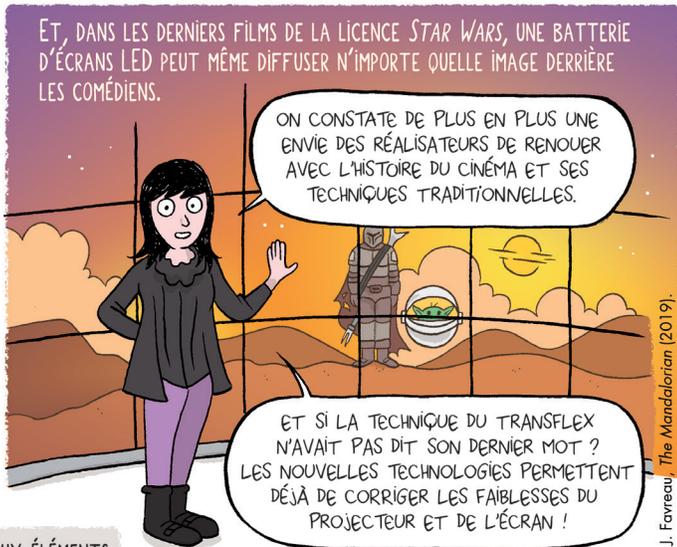
\* Technique dite « de la transparence » ou back projection, inventée dans les années 1930.

PUIS LA PROJECTION FRONTALE A PERMIS DE REMÉDIER À CES DÉFAUTS. MAIS ELLE NÉCESSITAIT DES RÉGLAGES D'UNE TRÈS GRANDE PRÉCISION ET DU MATÉRIEL SPÉCIFIQUE. SUR LES PLATEAUX, ELLE EST CONNUE SOUS LE NOM DE TRANSFLEX\*.

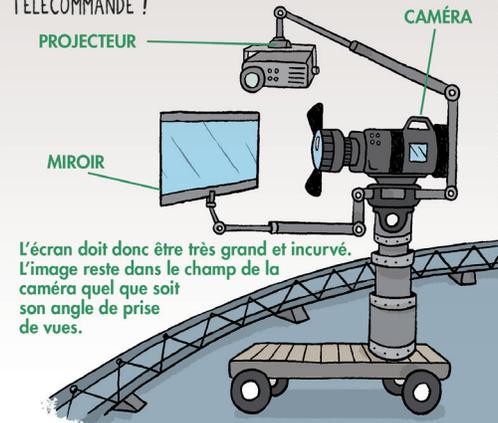


LE DISPOSITIF EST MOINS ENCOMBRANT. EN REVANCHE LA CAMÉRA DOIT RESTER FIXE, CAR TOUT MOUVEMENT NÉCESSITE DE NOUVEAUX RÉGLAGES. L'INCRUSTATION EN POST-PRODUCTION A FINI D'ENTERRER CETTE TECHNIQUE...

\* Mise au point par le directeur de la photographie français Henri Alekan en 1955, cette technique était très répandue dans les années 1960 et 1970.



MON IDÉE, C'EST DE SOLIDARISER LES PRINCIPAUX ÉLÉMENTS. LE DÉCOR PEUT AINSI SE DÉPLACER EN SUIVANT LES MOUVEMENTS DE LA CAMÉRA À 360°, LE TOUT TÉLÉCOMMANDÉ !



LES MATÉRIAUX ACTUELS (PLUS LÉGERS ET PLUS RÉSISTANTS) ME PERMETTENT DE METTRE AU POINT DES KITS DÉMONTABLES POUR PLUS DE SOUPLESSE ET DE MOBILITÉ.



### 3 L'ÉNIGME DES POPULATIONS D'ASIE CENTRALE

**D**'où venons-nous ? Que peuvent nous apprendre nos ancêtres quant à nos origines et aux mélanges qui nous constituent ?

Je travaille sur ces questions en étudiant les populations d'Asie centrale. Situé entre l'Europe et l'Asie, ce territoire a connu de nombreux brassages de populations, ce qui en fait une région clé de la préhistoire et de l'histoire. On y distingue deux grands groupes linguistiques et culturels : les Turco-Mongols, arrivés lors de grandes migrations venues de l'Asie de l'Est, et les Indo-Iraniens (Tadjiks et Yaghnobis), dont l'origine, plus ancienne, reste mystérieuse.

Mon outil principal pour découvrir cette origine : la génétique. La comparaison entre le génome des habitants actuels d'Asie centrale et celui des populations anciennes de l'Eurasie (accessible grâce à l'ADN fossile) me permet, en remontant le temps, d'explorer des pistes sérieuses pour résoudre cette énigme...

#### POUR EN SAVOIR PLUS

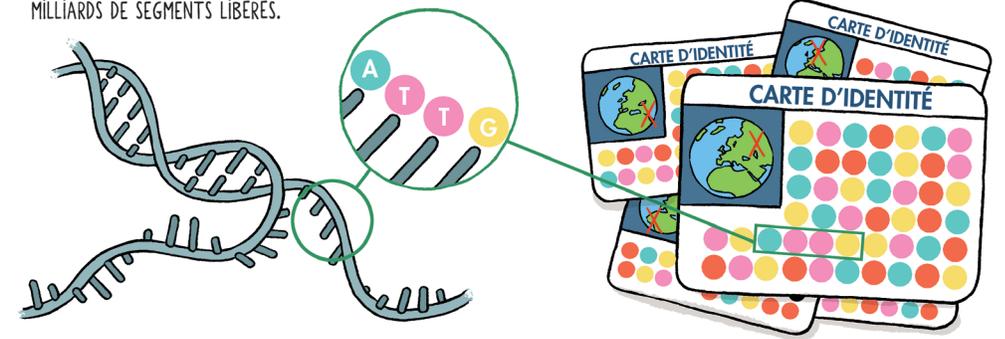


#### TITRE ORIGINAL DE LA THÈSE

Étude paléogénétique des migrations humaines autour de la mer Caspienne pendant la protohistoire



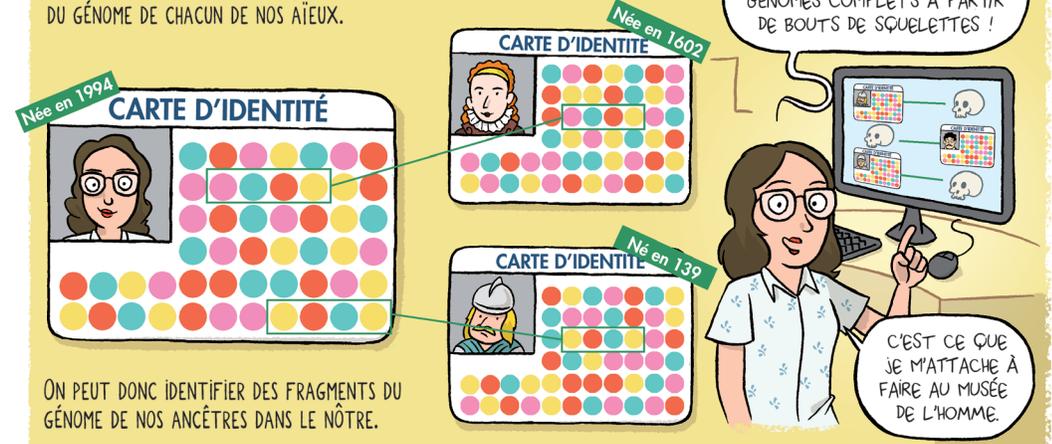
DÉCHIFFRER UN CODE GÉNÉTIQUE (OU GÉNOME) CONSISTE À OUVRIR, COMME UNE FERMETURE ÉCLAIR, LES MOLÉCULES D'ADN QUI, NICHÉES DANS LE NOYAU DE NOS CELLULES, FORMENT NOS CHROMOSOMES, PUIS À RECUEILLIR L'INFORMATION\* CONTENUE SUR LES MILLIARDS DE SEGMENTS LIBÉRÉS.



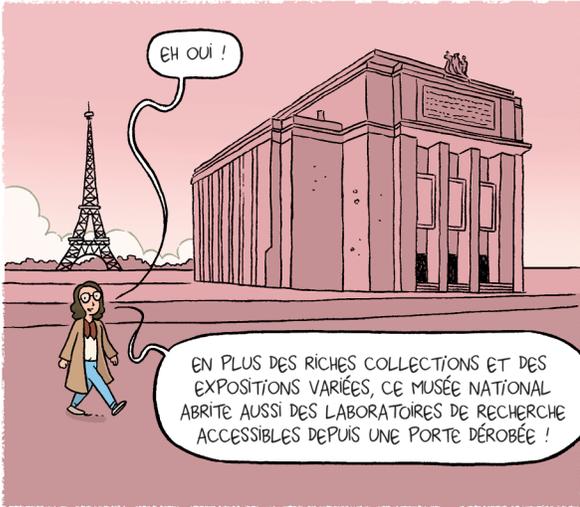
AUJOURD'HUI, LE GÉNOME HUMAIN EST ENTIÈREMENT DÉCRYPTÉ. IL NE DIFFÈRE QUE LÉGÈREMENT ENTRE DEUX INDIVIDUS, ET UNE PARTIE DE CETTE DIFFÉRENCE S'EXPLIQUE PAR L'APPARTENANCE À DES POPULATIONS DU MONDE DIFFÉRENTES.

\* Chaque lettre correspond à un composé chimique (Adénine, Thymine, Guanine et Cytosine).

COMME L'ADN EST HÉRÉDITAIRE, NOUS PORTONS TOUS DES MORCEAUX DU GÉNOME DE CHACUN DE NOS AÏEUX.

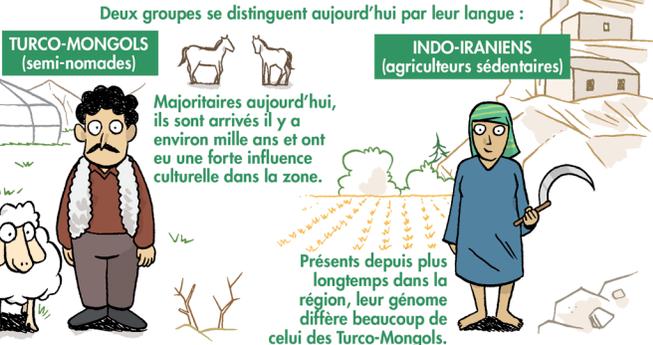
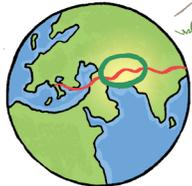


ON PEUT DONC IDENTIFIER DES FRAGMENTS DU GÉNOME DE NOS ANCÊTRES DANS LE NÔTRE.

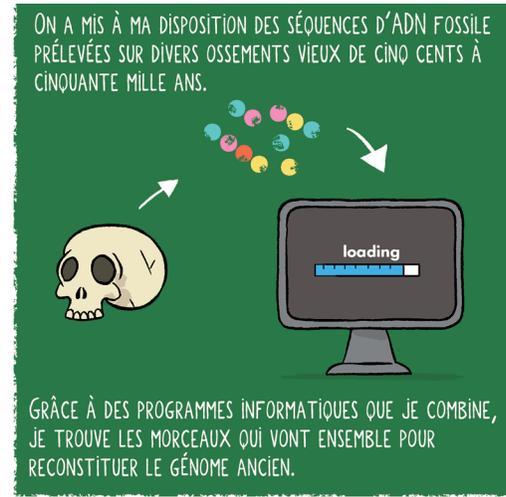


UNE DE NOS MISSIONS : RECONSTRUIRE L'ÉVOLUTION DÉMOGRAPHIQUE DES PEUPLES D'ASIE CENTRALE EN S'APPUYANT SUR LES DONNÉES DÉJÀ RÉCOLTÉES PAR LES ARCHÉOLOGUES SUR LE TERRAIN.

Dans ce carrefour de la route de la soie, la population actuelle est issue d'un grand métissage culturel.



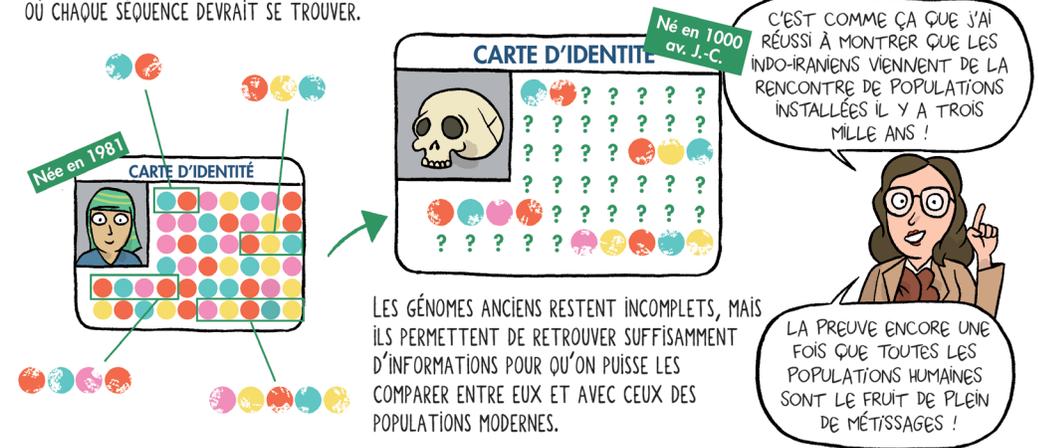
MON TRAVAIL : RETROUVER DEPUIS QUAND LES INDO-IRANIENS HABITENT EN ASIE CENTRALE, LEURS ORIGINES ET LEURS ÉVENTUELS MÉTISSAGES AVEC LES TURCO-MONGOLS EN COMPARANT LEUR GÉNOME ACTUEL AVEC DES GÉNOMES PLUS ANCIENS.



MAIS LA PREMIÈRE ÉTAPE, C'EST LE TRI ! DANS LE LOT SE SONT GLISSÉS DES MORCEAUX D'ADN INTRUS QUE JE DOIS ÉLIMINER, CAR ILS PROVIENNENT DE BACTÉRIES OU DE CHAMPIGNONS...



JE COMPRENS EN SUITE LES MORCEAUX D'ADN AVEC LE CODE GÉNÉTIQUE DES POPULATIONS ACTUELLES ET JE LOCALISE L'ENDROIT OÙ CHAQUE SÉQUENCE DEVIENDRAIT SE TROUVER.



## 4 LA 4D AU SERVICE DE PROTHÈSES ÉVOLUTIVES !

Il arrive qu'une fracture ou une maladie osseuse nécessitent une intervention chirurgicale avec pose de prothèses métalliques – plaques, vis, tiges... Mon projet : créer une prothèse qui se dégraderait au rythme de la guérison de la lésion osseuse, ce qui éviterait soit de la garder à vie, soit d'opérer pour la retirer.

Deux défis se posent à moi : élaborer le bon matériau et créer la prothèse grâce à une imprimante non plus 3D mais... 4D, la quatrième dimension étant celle du facteur temps. Je dois pour cela trouver les techniques d'ingénierie qui me permettront de fabriquer une prothèse dont la vitesse de dégradation correspondra au temps dont le corps a besoin pour réparer la lésion.

Il deviendra ainsi possible de concevoir des prothèses « sur mesure », adaptables à chacun et à une grande variété de lésions. Telles des prothèses vivantes, elles autoriseront des guérisons plus rapides avec moins de séquelles.

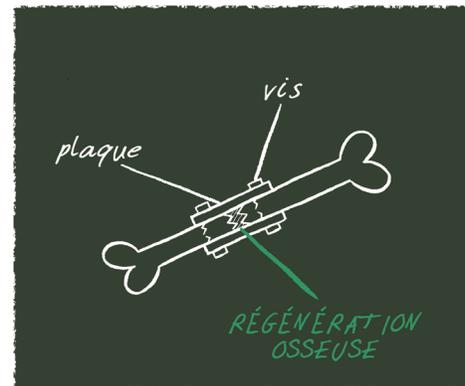
### POUR EN SAVOIR PLUS



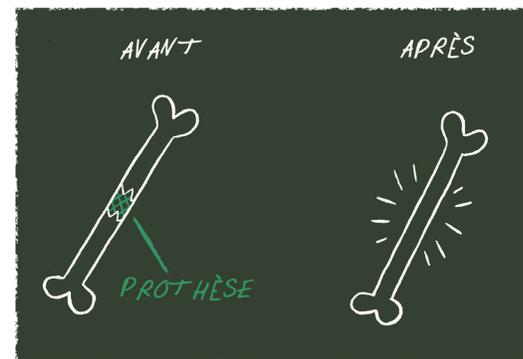
TITRE ORIGINAL DE LA THÈSE  
Impression 4D de polymères  
pour la santé



APRÈS UNE FRACTURE, UNE OPÉRATION EST PARFOIS NÉCESSAIRE POUR AIDER LES OS À SE RÉPARER CORRECTEMENT.



L'IDÉE EST DE REMPLACER LE BOUT D'OS QUI MANQUE PAR UNE PROTHÈSE QUI DISPARÂIT PROGRESSIVEMENT PENDANT QUE L'OS SE RÉGÈNÈRE\*.



MAIS TOUTES LES FRACTURES SONT DIFFÉRENTES, CETTE PROTHÈSE PROVISOIRE DOIT ÊTRE FABRIQUÉE SUR MESURE.

\* Le dispositif de maintien de la fracture (vis, plaques...) peut ainsi être allégé.

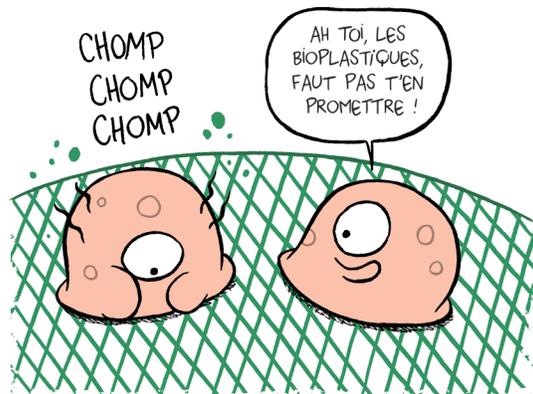
GÉNÉRALEMENT, APRÈS CONSOLIDATION DE LA FRACTURE, LE CHIRURGIEN INTERVIENT À NOUVEAU POUR ENLEVER LES VIS ET LES PLAQUES. IL PEUT AUSSI DÉCIDER DE LES LAISSER DANS LE CORPS DU PATIENT.



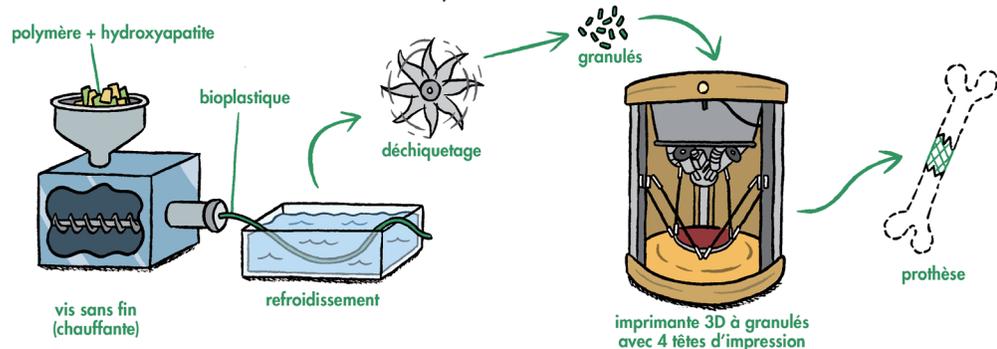
GRÂCE À L'IMPRESSIION 3D CLASSIQUE, IL EST TRÈS FACILE DE FABRIQUER DES PETITS VOLUMES AUX FORMES VARIÉES, VOIRE TRÈS COMPLEXES.



HEUREUSEMENT, IL EXISTE TOUT DE MÊME CERTAINS POLYMÈRES QUE LE CORPS SAÏT TELLEMENT BIEN ÉLIMINER QUE NOS CELLULES FINISSENT PAR S'EN NOURRIR !



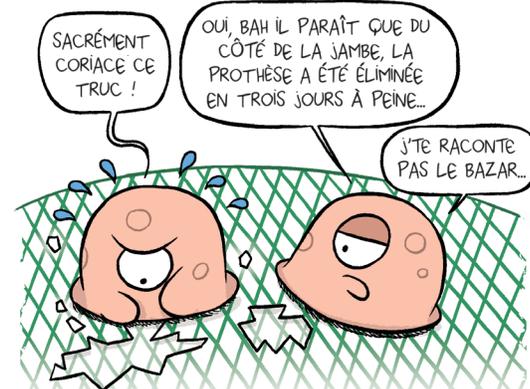
C'EST CE TYPE DE BIOMATÉRIAUX QUE JE METS AU POINT GRÂCE À UNE ESPÈCE DE HACHOIR À SAUCISSE\*. J'Y MÉLANGE LE PLASTIQUE AVEC LE PRINCIPAL CONSTITUANT DE L'OS\*\*, AVANT D'EN FAIRE DES GRANULÉS EN VUE D'UNE IMPRESSION 3D.



LA BONNE CHALEUR ET LA VITESSE DE ROTATION DE LA VIS SANS FIN SONT DÉLICATES À TROUVER POUR OBTENIR UN MATÉRIAU UTILISABLE EN IMPRESSION 3D AVEC LES PROPRIÉTÉS MÉCANIQUES ET BIOLOGIQUES RECHERCHÉES !

\* On parle plutôt d'« extrudeuse ».  
\*\* De l'hydroxyapatite.

CETTE PROTHÈSE DOIT DONC DISPARAÎTRE DANS L'ORGANISME, MAIS PAS AVANT QUE L'OS NE SE SOIT RECONSTRUIT !

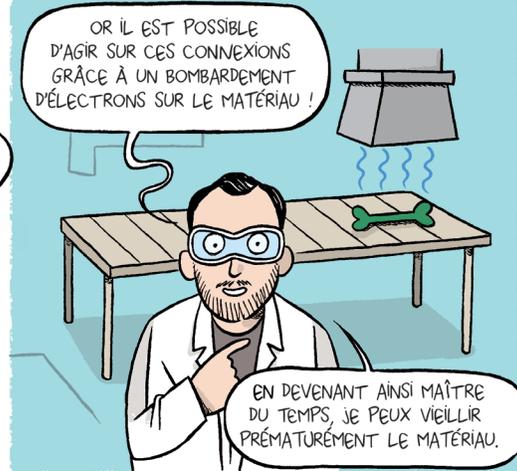


IL FAUT COMPLÉTER L'IMPRESSIION EN 3D AVEC UNE VARIABLE SUPPLÉMENTAIRE, UNE QUATRIÈME DIMENSION : LE TEMPS (EN L'OCCURRENCE, LE TEMPS DE DÉGRADATION DE LA PROTHÈSE).

EN FRAGMENTANT OU EN RÉAGÈNANT LA STRUCTURE DU POLYMÈRE, J'AJUSTE SA DURÉE DE VIE.



LA VITESSE DE DÉGRADATION DU POLYMÈRE EST TRÈS LIÉE AUX LIAISONS ENTRE LES DIFFÉRENTS ATOMES QUI LE COMPOSENT.



GRÂCE À DES TESTS BIOLOGIQUES, JE PEUX VÉRIFIER LA VITESSE DE DÉGRADATION DU POLYMÈRE ET LE FAIT QUE LA CROISSANCE OSSEUSE N'EST PAS GÉNÉE PAR CETTE PROTHÈSE PROVISOIRE.



## 5 LES NOUVEAUX DÉFIS DE L'AGRICULTURE

L'agriculture doit se réinventer. Son défi : nourrir la planète tout en limitant au maximum l'emploi des pesticides chimiques – en France, le gouvernement s'est engagé à faire diviser leur usage par deux d'ici à 2025 ! Cela exige de trouver de nouveaux moyens de lutte contre les ravageurs des cultures. L'un de ces moyens, la lutte biologique, est particulièrement prometteur : il consiste à utiliser des organismes vivants contre les nuisibles. Exemple connu : la coccinelle, prédatrice des pucerons.

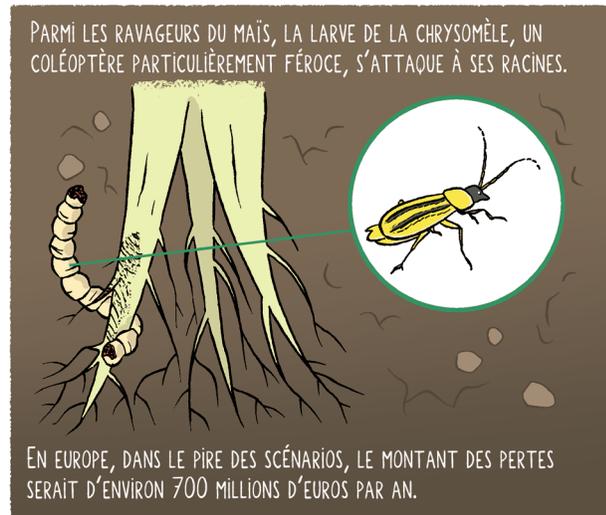
Je m'intéresse à un ravageur des racines du maïs, un petit scarabée jaune qui menace la production européenne et qui, de plus, s'adapte aux pesticides. Au stade larvaire, il se trouve dans les premiers centimètres du sol. Pour en contrôler la population, mon équipe a donc enrôlé un acarien prédateur qui occupe le même habitat. Et nos premiers essais se révèlent fort prometteurs !

### POUR EN SAVOIR PLUS



### TITRE ORIGINAL DE LA THÈSE

De la preuve de concept à l'optimisation : utilisation d'une espèce d'acariens prédateurs du sol comme moyen de lutte alternative aux pesticides chimiques contre un ravageur des racines du maïs



SI L'ON CHERCHE AUTOUR DES PIEDS DE MAÏS, ON PEUT TROUVER DES ACARIENS\* DANS LE SOL. IL Y A FORT À PARIER QU'ILS NE SONT PAS LÀ PAR HASARD...



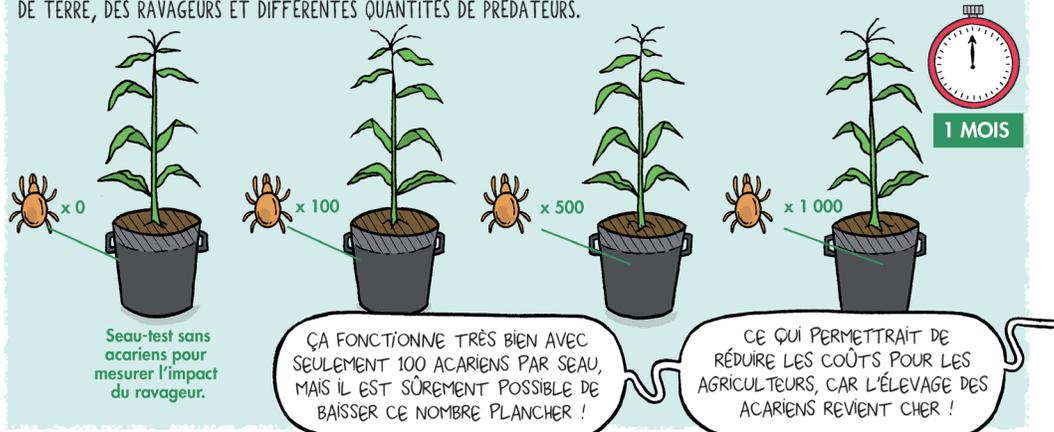
\* Minuscules arthropodes de la même classe que les araignées : les arachnides.

UN TEST DE PRÉDATION AVEC LA LARVE DU RAVAGEUR ME PERMET DE CONFIRMER CETTE INTUITION ET DE CHOISIR L'ACARIEN LE PLUS EFFICACE DU LOT.



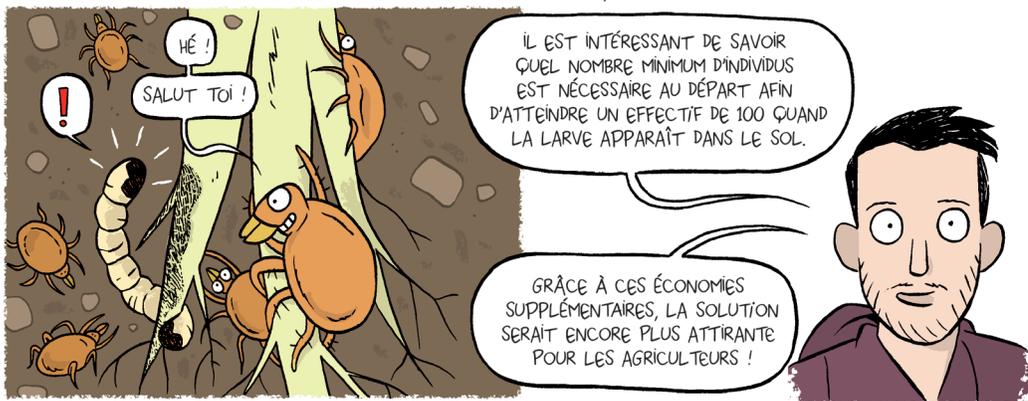
\* *Gaeolaelaps aculeifer*.

MAIS UN INDIVIDU SEUL NE PEUT PAS GRAND-CHOSE. IL FAUT CONNAÎTRE LA TAILLE DE LA POPULATION NÉCESSAIRE POUR PROTÉGER CHAQUE PLANT DE MAÏS. POUR CE FAIRE, DES SEAUX DE MISE EN CULTURE SONT PRÉPARÉS AVEC CINQUANTE LITRES DE TERRE, DES RAVAGEURS ET DIFFÉRENTES QUANTITÉS DE PRÉDATEURS.

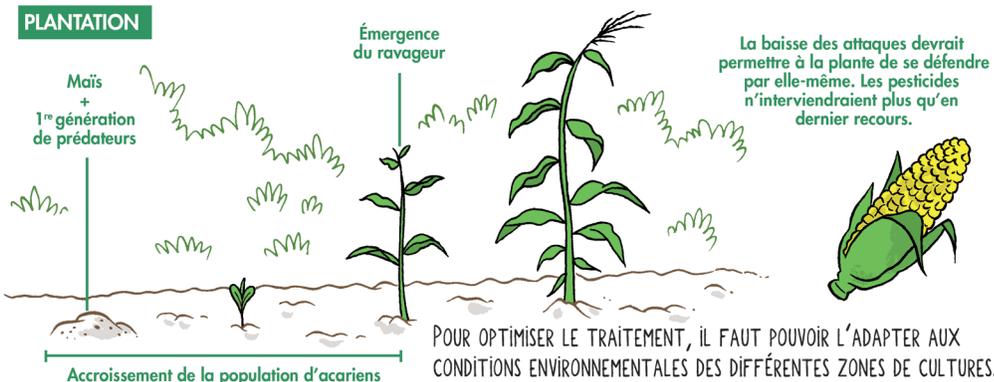


LES EFFETS DE LA CRISE SANITAIRE SUR LA RECHERCHE NE M'ONT PAS PERMIS DE TESTER DES EFFECTIFS PLUS RÉDUITS, MAIS J'AI PU VÉRIFIER SUR LE TERRAIN L'EFFICACITÉ DE CES 100 GLOUTONS !

LEUR DURÉE DE VIE VA JUSQU'À DEUX MOIS ET, EN FONCTION DES CONDITIONS, LES FEMELLES PONDENT JUSQU'À 90 OEUFS CHACUNE.



TOUT EST UNE HISTOIRE DE TIMING ET DE BON ENCHAÎNEMENT DES ÉVÉNEMENTS. UNE BONNE CONNAISSANCE DU CYCLE DE VIE DE L'ACARIEN ET DE SA PROIE PERMET À L'AGRICULTEUR DE LIMITER LES OPÉRATIONS DE TRAITEMENT DE SON CHAMP.



LA MODÉLISATION NUMÉRIQUE M'EST ALORS D'UNE GRANDE AIDE POUR ESSAYER DIFFÉRENTS SCÉNARIOS QUI SÉRAIENT TROP CÔUTEUX ET LONGS À METTRE EN ŒUVRE SUR LE TERRAIN.

OPTIMISER LA GESTION DES RESSOURCES ET TROUVER LA MEILLEURE STRATÉGIE D'ACTION POUR UN GROUPE, C'EST MON TRUC !

**SIMULATION N° 37**

Effectif.....: 15  
Temp. sol.....: 14° C  
Tx humidité...: 83 %

START !

POUR CHAQUE ESSAI, JE PEUX DÉTERMINER L'EFFECTIF INITIAL ET PARAMÉTRER L'ENVIRONNEMENT.



\* Compétitions de jeux vidéo.

## 6 EAUX MORTES, HISTOIRE ET OCÉANOGRAPHIE

Le phénomène des « eaux mortes » pourrait-il expliquer la défaite, lors de la bataille d'Actium, de Marc Antoine et Cléopâtre face à Octave ? En quoi consiste ce phénomène, responsable de ralentissements importants des bateaux, notamment en sortie de fleuve ?

Dans certaines dispositions géographiques marines (estuaire, canal, détroit...), on observe qu'une couche d'eau douce recouvre une couche d'eau salée. Lorsqu'un navire passe dans cette zone, il crée des vagues sur cette interface. Ce sont elles qui le freinent !

J'étudie ces phénomènes en réalisant une stratification (superposition des couches d'eau douce et salée) dans des canaux étroits dans lesquels nous tractons des maquettes de bateaux. J'observe alors et je quantifie la formation et la propagation des ondes issues de telles configurations. Mieux les comprendre permettra d'aider les marins pris au piège des eaux mortes, de concevoir des formes de coques adaptées..., et de mieux interpréter certains épisodes historiques !

### POUR EN SAVOIR PLUS



TITRE ORIGINAL DE LA THÈSE  
Ménagerie des interactions  
ondes-courants



EN 31 AV. J.-C., MARC ANTOINE ET CLÉOPÂTRE PERDENT LA BATAILLE D'ACTIUM À CAUSE D'UN RALENTISSEMENT SOUDAIN DE LEUR FLOTTE. AUJOURD'HUI ENCORE, LA RAISON DE CET ÉPISODE RESTE ASSEZ ÉNIGMATIQUE...

ALLEZ ! DU NERF !

OUI, BAH ON EST AU MAX LÀ...

La légende raconte que des poissons (des rémoras) se seraient accrochés à la coque des galères, les empêchant d'atteindre leur pleine vitesse.

L'équipe pluridisciplinaire\* dans laquelle je travaille propose d'expliquer différemment cette question historique. En eaux peu profondes, les bateaux ont des difficultés à avancer à pleine vitesse. De plus, lorsque l'on navigue dans une zone comme celle-ci, où deux couches d'eau aux densités différentes se superposent (ex. : eau douce sur eau salée, eau chaude sur eau froide...), le bateau voit sa vitesse ralentir par à-coups.

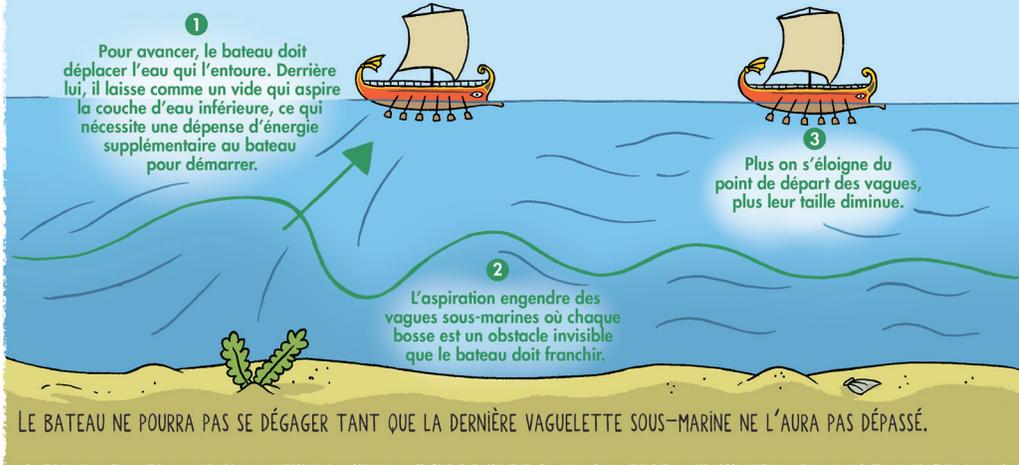
EAU MOINS DENSE

EAU PLUS DENSE

Quand un bateau avance, une vague se forme entre ces deux couches. C'est elle qui cause le ralentissement, et c'est là le cœur de ma recherche...

\* Constituée d'océanographes, d'un historien, d'une linguiste, de mathématiciens, de physiciens et d'un mécanicien des fluides (moi).

CETTE VAGUE QUI SE CRÉE SOUS LA SURFACE FORME UNE ESPÈCE DE TAPIS ROULANT BOSELLÉ QUI CONTRARIE LA COURSE DU NAVIRE. ELLE APPARAÎT QUAND LE BATEAU DÉMARRE.



POUR COMPRENDRE CE PHÉNOMÈNE, IL FAUT L'OBSERVER EN LABORATOIRE GRÂCE À UN BAC EMPLI D'EAU ET UNE MAQUETTE DE BATEAU TRACTÉE PAR UN CÂBLE.



\* Une strate d'eau salée recouverte d'une strate d'eau douce, moins dense.

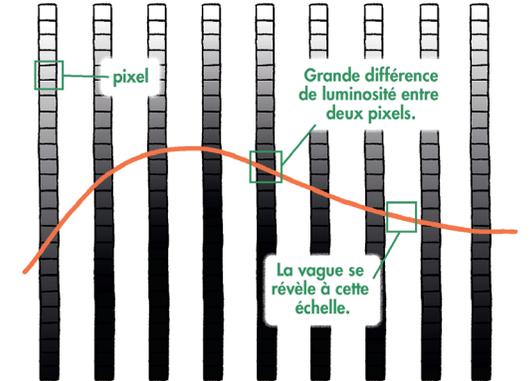
JE REMPLIS LE BAC D'EAU SALÉE, PUIS JE DÉPOSE DÉLICATEMENT, À L'AIDE D'ÉPONGES, DE L'EAU DOUCE QUI VIENT SE PLACER AU-DESSUS DE L'EAU SALÉE (COLORÉE EN ROUGE POUR FACILITER L'OBSERVATION).



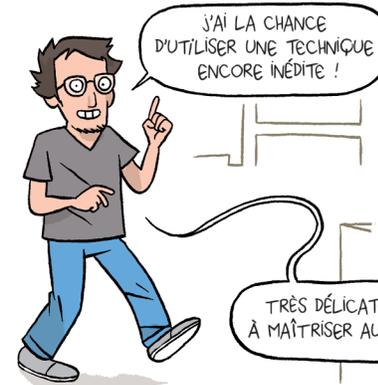
À CETTE ÉCHELLE, LA PARTIE AVANT DE LA VAGUE SOUS-MARINE EST PRESQUE INVISIBLE À L'ŒIL NU, MAIS JE VEUX TOUT DE MÊME L'ÉtudIER.



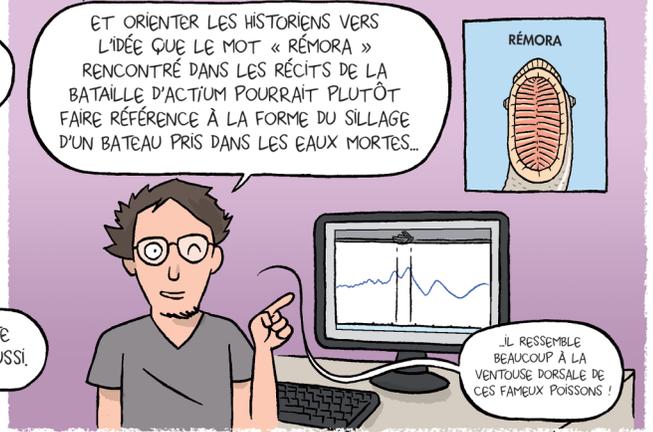
JE ZOOM AU MAXIMUM POUR DÉCOUPER L'IMAGE EN COLONNES D'UN SEUL PIXEL DE LARGEUR. L'ENDROIT OÙ IL Y A LE PLUS DE CONTRASTES ENTRE DEUX PIXELS MARQUE LA FRONTIÈRE ENTRE LES STRATES D'EAU.



CETTE TECHNIQUE DITE « SUBPIXEL » ME PERMET DE METTRE AU POINT UN MODÈLE NUMÉRIQUE.



NOUS POURRONS AINSI SIMULER CE PHÉNOMÈNE EN PARAMÉTRANT LA TAILLE DU BATEAU, LA PROFONDEUR DE L'EAU OU ENCORE LE TYPE DE STRATIFICATION.



## 7 TUBERCULOSE : LA LUTTE CONTINUE

La tuberculose, maladie causée par la bactérie *Mycobacterium tuberculosis*, est l'une des dix premières causes de décès dans le monde avec 1,4 million de morts en 2019 et plus de dix millions de nouveaux cas recensés chaque année. Il existe un traitement, mais son efficacité est compromise par le nombre croissant de bactéries résistantes aux antibiotiques : sa durée s'allonge (jusqu'à deux ans) et les chances de guérison diminuent...

Face à ce problème, j'ai choisi une nouvelle stratégie de lutte contre la tuberculose : plutôt que de chercher de nouveaux antibiotiques qui ciblent la bactérie, j'interviens directement sur le système immunitaire pour l'aider à combattre l'infection.

J'ai ainsi découvert une nouvelle molécule qui permet aux cellules immunitaires de mieux se défendre. De plus, si on l'utilise avec les antibiotiques, son action réduit drastiquement l'infection dans les cellules. Un nouveau traitement contre la tuberculose pourrait ainsi voir le jour !

### POUR EN SAVOIR PLUS

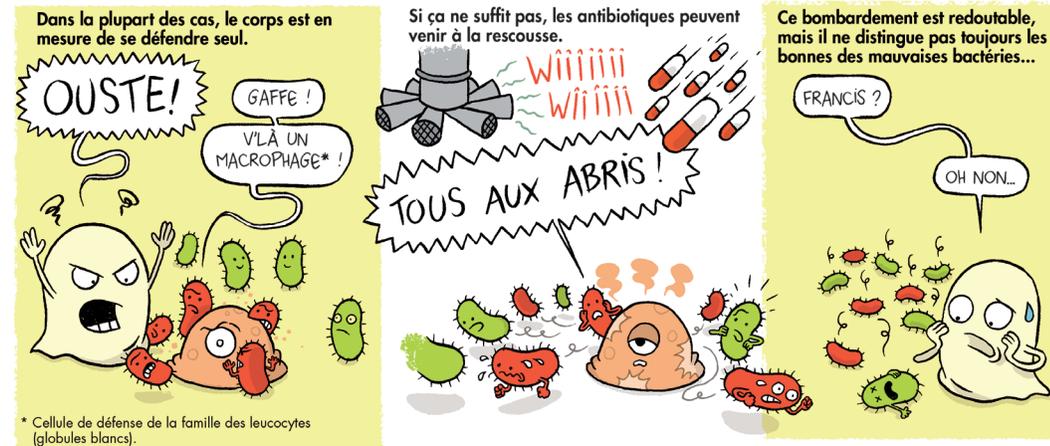


### TITRE ORIGINAL DE LA THÈSE

Améliorer le traitement de la tuberculose grâce à des stratégies dirigées vers l'hôte



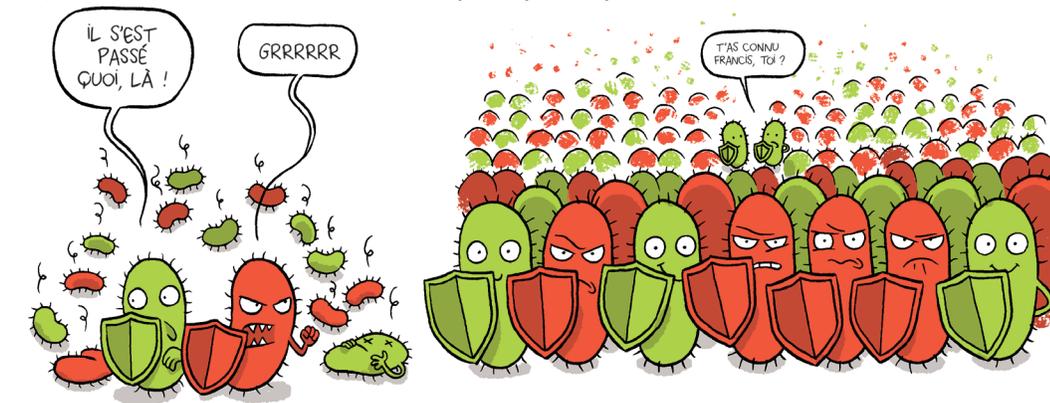
OUTRE LES NOMBREUSES BACTÉRIES QU'IL ABRÏTE, LE CORPS HUMAIN EST AUSSI EN CONTACT AVEC DES BACTÉRIES DE L'EXTÉRIEUR. CERTAINES SONT UTILES À L'ORGANISME, MAIS D'AUTRES PEUVENT L'AGRESSER ET S'EN PRENDRE AUX CELLULES, LORS D'UNE INFECTION PAR EXEMPLE.



\* Cellule de défense de la famille des leucocytes (globules blancs).

Parmi les bactéries, il existe une autre distinction : celles qui sont vulnérables aux antibiotiques et celles qui y sont résistantes.

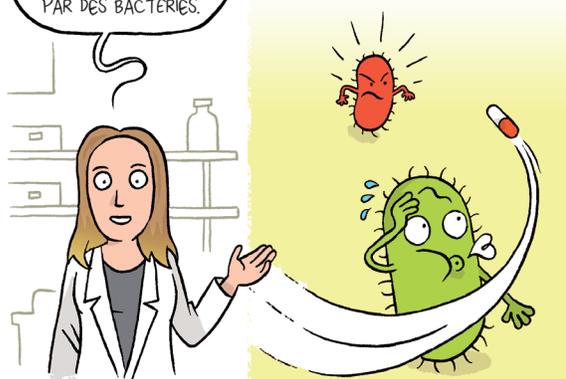
Si les bactéries responsables de l'infection sont résistantes, elles vont pouvoir se multiplier même en présence d'antibiotiques. Le traitement devient donc plus long et plus complexe. On parle de « antibio-résistance\* ».



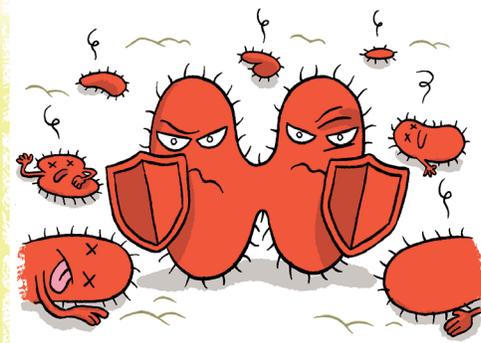
\* Ou de « résistance aux antibiotiques ».

JE TRAVAILLE SUR LA TUBERCULOSE, UNE MALADIE RESPIRATOIRE MORTELLE CAUSEE PAR DES BACTERIES.

POUR LUTTER CONTRE ELLE, ON UTILISE DES ANTITUBERCULEUX : DES ANTIBIOTIQUES QUI CIBLENT PLUS SPECIFIQUEMENT LES BACTERIES RESPONSABLES DE LA MALADIE.



MAIS CELLES QUI ONT LA CAPACITE DE RESISTER POURRONT SE MULTIPLIER...



L'ALTERNATIVE QUE JE PROPOSE CONSISTE A RENFORCER LE POUVOIR D'ACTION DES MACROPHAGES GRACE A UN AUTRE TYPE DE COMPOSE.



PLUSIEURS MOLECULES POURRAIENT SOUTENIR LES CELLULES DE DEFENSE IMMUNITAIRE.

IL FAUT QUE JE CHOISISSE LA MEILLEURE PARMIS PRES DE 250 CANDIDATES !!!



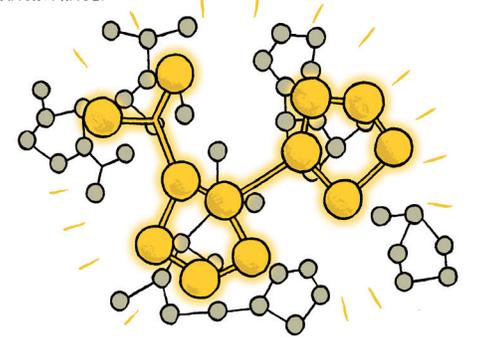
HEUREUSEMENT, UNE TECHNIQUE\* ME PERMET DE TESTER L'ACTION DE PLUSIEURS MOLECULES EN MEME TEMPS.



POUR MON EXPERIENCE, JE PREPARE MES ECHANTILLONS AVEC DES BACTERIES ET DES MACROPHAGES...

\* Le criblage à haut débit.

GRACE A UN MICROSCOPE AUTOMATISE, JE PEUX ETUDIER L'ACTION DES MOLECULES SUR LES BACTERIES TOUT EN M'ASSURANT QU'ELLES NE SONT PAS TOXIQUES POUR LE MACROPHAGE.

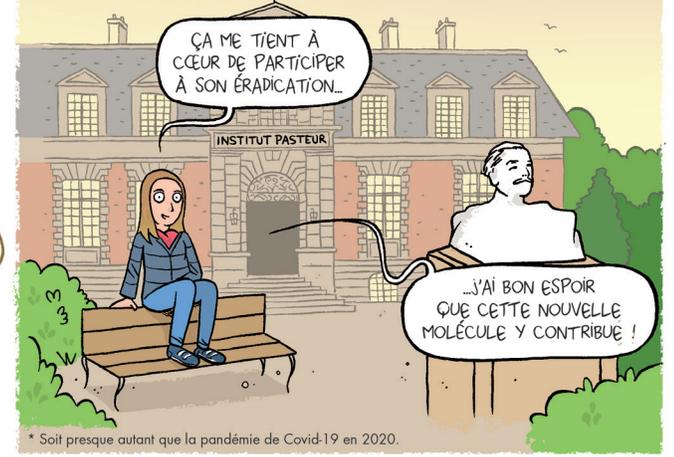


J'AI EU LA JOIE D'EN DECOUVRIR UNE TRÈS PROMETTEUSE !

PAR AILLEURS, J'AI AUSSI PU OBSERVER QU'UNE DOSE PLUS FAIBLE D'ANTIBIOTIQUES COMBINEE AVEC CETTE MOLECULE ERADIQUE PRESQUE COMPLETEMENT LES BACTERIES RESPONSABLES DE LA TUBERCULOSE.



LA TUBERCULOSE N'EST PAS UNE MALADIE DU PASSES : CHAQUE ANNEE, ELLE TUE PLUS DE 1,4 MILLION D'INDIVIDUS\* DANS LE MONDE ET CE, QUEL QUE SOIT LEUR AGE.



ÇA ME TIENT A CŒUR DE PARTICIPER À SON ÉRADICATION...

...J'AI BON ESPoir QUE CETTE NOUVELLE MOLECULE Y CONTRIBUE !

\* Soit presque autant que la pandémie de Covid-19 en 2020.

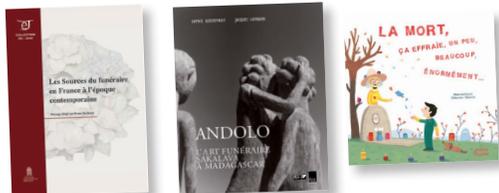
## 8 LA BEAUTÉ CACHÉE DANS LES CIMETIÈRES

**B**ustes, statues, architectures remarquables, vitraux... : les cimetières recèlent une incroyable richesse artistique très peu étudiée. Pourtant, exposé aux intempéries et souvent laissé à l'abandon, ce patrimoine risque à tout moment de disparaître.

Régis par un décret impérial de 1804, les cimetières ont pris une importance sans précédent au XIX<sup>e</sup> siècle, devenant, à partir des années 1840, de véritables musées à ciel ouvert. Lieux d'inhumation, ils se sont aussi peu à peu transformés en lieux de promenade, d'érudition et d'inspiration. Leur âge d'or a pris fin au cours du XX<sup>e</sup> siècle, avec le refoulement croissant de la mort.

Mon intérêt pour la sculpture et la mémoire, ma conviction selon laquelle les cimetières ne sont pas des lieux de désolation, mais des lieux de transmission où s'exprime une forme de beauté méconnue, m'ont conduit à étudier l'art funéraire. Mon objectif est non seulement de mieux le faire connaître, mais aussi de contribuer à sa protection.

### POUR EN SAVOIR PLUS



### TITRE ORIGINAL DE LA THÈSE

Cimetières et sépultures en France, 1843-1914. L'art funéraire à travers les exemples de Paris, Lyon et Dijon



JE PARCOURS LES ALLÉES DE CES LIEUX DE MÉMOIRE ENTRE DIJON, PARIS ET LYON POUR COLLECTER DE NOMBREUSES INFORMATIONS SUR LES TOMBEAUX ET LEURS ORNEMENTS.



ON LE SAIT PEU, MAIS ON CROISE PARFOIS, DANS LES ALLÉES, DES ŒUVRES DE GRANDS SCULPTEURS.



TRÈS SOUVENT, LES MARBRIERS FABRIQUANT LES TOMBEAUX RÉALISAIENT AUSSI LES ORNEMENTS SCULPTÉS.



IL EXISTE DES MONUMENTS SIMILAIRES, LES SCULPTEURS ET LES FAMILLES AYANT LES MÊMES SOURCES D'INSPIRATION OU SE COPIANT LES UNS LES AUTRES.



MAIS DES MONUMENTS MOINS CHARGÉS D'HISTOIRE SONT TOUT AUSSI INTÉRESSANTS QUAND ON Y REGARDE DE PRÈS. ILS FIGENT DANS LE TEMPS LES PRATIQUES CULTURELLES D'UNE ÉPOQUE.

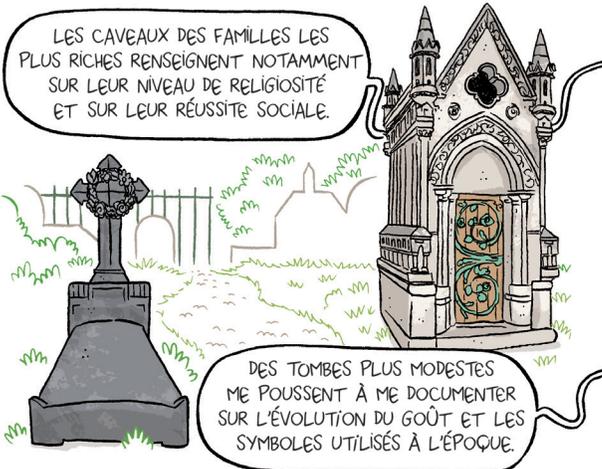


SUR CERTAINS TOMBEAUX RESTENT GRAVÉS DES ÉPISODES HISTORIQUES QUI SONNENT ENCORE AUJOURD'HUI COMME DES MESSAGES POLITIQUES.



SOUS LE GISANT DE CET OPPOSANT\* AU RÉGIME IMPÉRIAL, LE SCULPTEUR A REPRÉSENTÉ LA PALME DU MARTYR ET LES TABLES DE LA LOI QUE LE DÉPUTÉ PROTÈGE DE SA MAIN.

\* A. Baudin, mort sur une barricade en 1851 lors du soulèvement contre le coup d'État de Louis-Napoléon Bonaparte.



GRÂCE AUX ARCHIVES ET AUX BIBLIOTHÈQUES, JE RETROUVE DES CATALOGUES DE MODÈLES ET DE MOTIFS DE L'ÉPOQUE, ET MÊME DES PLANS OU DES DEVIS.



À TITRE PERSONNEL, C'EST TRÈS ENTHOUSIASMANT DE RÉUSSIR À ATTRIBUER UNE SCULPTURE À UN ARTISTE OU DE RETROUVER L'IDENTITÉ D'UN MODÈLE.

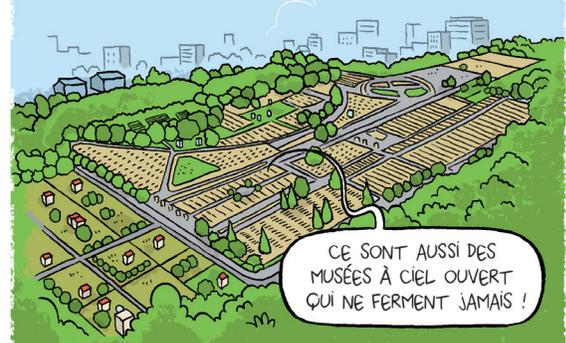


\* Une allégorie est une image exprimant une idée ou un concept (la Mort, l'Espérance, la Foi...).

IL IMPORTE QU'UN GRAND TRAVAIL DE COLLECTE SOIT RÉALISÉ DANS LES CIMETIÈRES AFIN D'ÉVITER LA PERTE DE CES ŒUVRES.



DEPUIS DEUX SIÈCLES, LES CIMETIÈRES ONT QUITTÉ LE CENTRE-VILLE. S'ILS CONSERVENT LA MÉMOIRE DES DISPARUS ET TRADUISENT LA DOULEUR DES FAMILLES, ILS NOUS TRANSMETTENT AUSSI UNE PARTIE DE NOTRE HISTOIRE COLLECTIVE.



## 9 LES MOUCHES ONT-ELLES DES TRADITIONS ?

**N**ous avons longtemps cru que l'espèce humaine était la seule à posséder une culture, faite de transmissions, d'apprentissages, d'inventions, qui s'expriment au travers du langage, des arts, des modes de vie, des connaissances... Or l'étude des comportements des animaux a démontré que des traditions existent chez nombre d'entre eux, comme les singes, les dauphins ou les oiseaux. Cela pourrait-il être aussi le cas chez les insectes ?

Cette question peut sembler étonnante, voire infondée... Pourtant, au sein de mon équipe, nous subodorons l'existence d'une transmission culturelle chez une mouche, la drosophile ! Impossible ? On sait déjà que les drosophiles se transmettent des comportements en se copiant les unes les autres, en particulier dans le choix de leur partenaire pour se reproduire. Ces comportements se transmettent-ils également d'une génération à l'autre pour former des traditions, et ainsi jouer un rôle dans l'évolution de l'espèce ? Ma thèse consiste à répondre à cette question !

### POUR EN SAVOIR PLUS

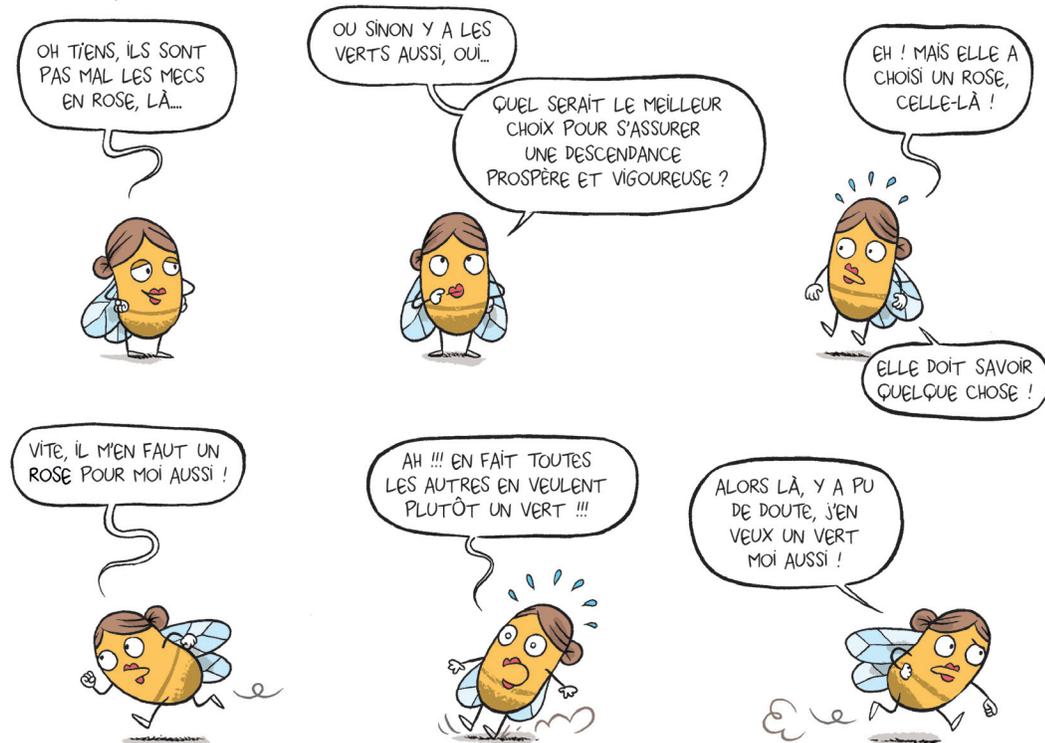


### TITRE ORIGINAL DE LA THÈSE

Transmission culturelle chez la drosophile : approches expérimentales et théoriques



LES DROSOPHILES SONT DE TOUTES PETITES MOUCHES\* QUI APPARAÎSSENT DÈS QU'UN FRUIT COMMENCE À POURRIR. EN REGARDANT DE PRÈS LEUR COMPORTEMENT EN AMONT DE LA REPRODUCTION, ON PEUT SE RENDRE COMPTE D'UN PHÉNOMÈNE ÉTONNANT, MIS EN ÉVIDENCE PAR MON LABO EN COUVRANT LES MÂLES DE DIFFÉRENTES POUDRES COLORÉES.



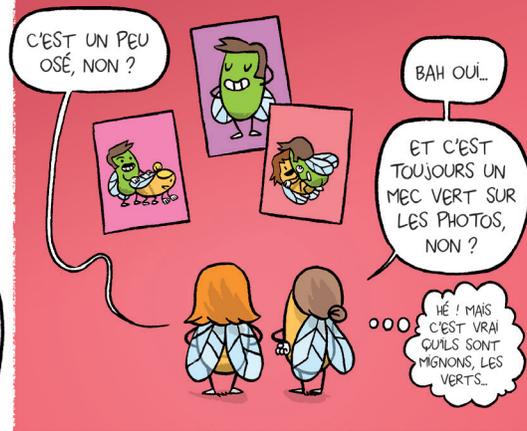
LES DROSOPHILES CHOISSENT DONC UN PARTENAIRE EN OBSERVANT ET EN COPIANT LES PRÉFÉRENCES DE LEURS CONGÉNÈRES : C'EST UN APPRENTISSAGE SOCIAL (LE GROUPE INFLUENCE LE CHOIX D'UN INDIVIDU). ELLES SONT MÊME CAPABLES DE DÉTECTER FÎNEMENT LA PRÉFÉRENCE DE LA MAJORITÉ DANS CE GROUPE : ON DÎT QU'ELLES SONT « CONFORMISTES ». MAIS IMAGINONS PLUSIEURS GÉNÉRATIONS SUCCESSIVES DE DROSOPHILES CONFORMISTES... ALORS LES PRÉFÉRENCES DES ÂÎNÉES POURRAIENT SE TRANSMETTRE AUX PLUS JEUNES VIA CET APPRENTISSAGE, ET AÎNSI DE SUÎTE, DE GÉNÉRATION EN GÉNÉRATION !

\* On les appelle communément « mouches du vinaigre ».

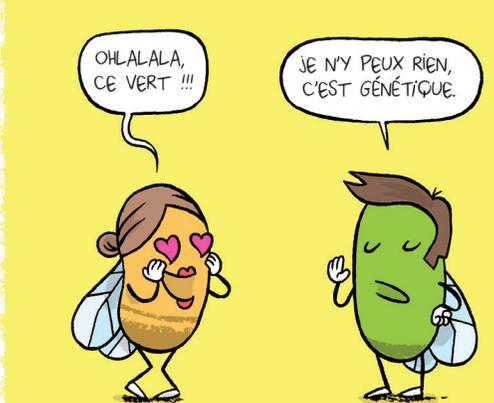
CE SERAIT UNE FORME DE CULTURE : LES MOUCHES HÉRITENT D'UNE PRATIQUE DÉTERMINÉE PAR LEURS AÎNÉES, D'UNE TRADITION. JE VÉRIFIE SI CETTE TRADITION EXISTE ET SE MAINTIENT DANS LE TEMPS.



POUR CE FAIRE, JE COMMENCE PAR APPRENDRE À UN GROUPE DE FEMELLES À PRÉFÉRER UN CERTAIN TYPE DE MÂLE.



UNE FOIS CONDITIONNÉES, JE LES LAISSE FAIRE LEUR CHOIX DANS UNE POPULATION AVEC LES DEUX TYPES DE MÂLES\*.

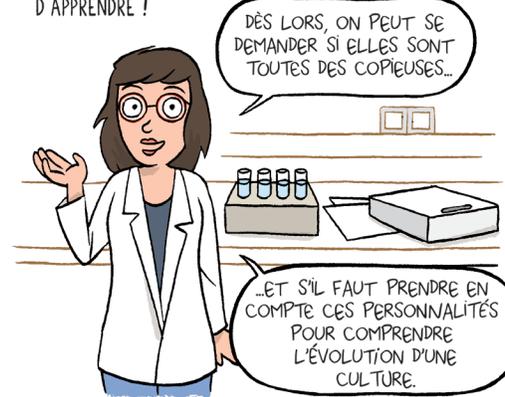


DEUX SEMAINES PLUS TARD, JE DISPOSE D'UNE NOUVELLE GÉNÉRATION DONT J'OBSERVE LES PRÉFÉRENCES SEXUELLES.

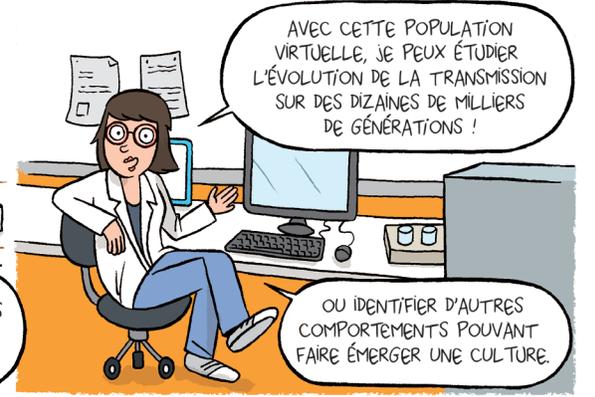


\* Ils ne sont plus poudrés, mais sélectionnés suite à une mutation leur ayant donné des couleurs spécifiques.

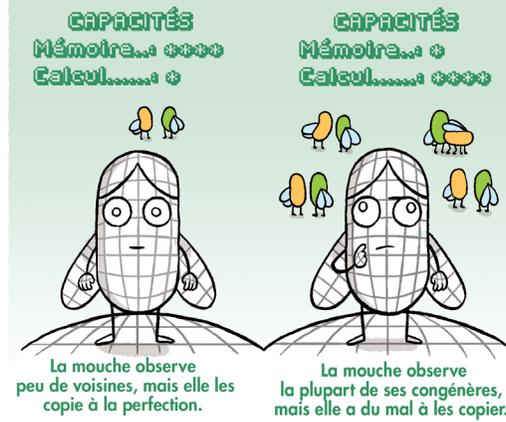
DE PLUS, CHEZ LES MOUCHES, IL Y A DEUX TYPES DE PERSONNALITÉS, QUI CORRESPONDENT À DES FAÇONS DIFFÉRENTES DE MANGER, DE SE DÉPLACER... OU D'APPRENDRE !



POUR ALLER PLUS LOIN, J'UTILISE UN MODÈLE INFORMATIQUE DANS LEQUEL J'APPLIQUE À DES MOUCHES VIRTUELLES LES COMPORTEMENTS OBSERVÉS LORS DE CET APPRENTISSAGE CULTUREL.



CURIEUSEMENT, IL EN RESSORT QUE PLUSIEURS STRATÉGIES COGNITIVES OPPOSÉES POURRAIENT MENER À L'ÉMERGENCE DE TRADITIONS CHEZ CES MOUCHES VIRTUELLES.



ALORS QUE L'EXPÉRIMENTATION SUR LES VERTÉBRÉS EST ENCADRÉE PAR UNE RÉGLEMENTATION TRÈS STRICTE, RIEN N'EST PRÉCONISÉ QUAND IL S'AGIT D'INSECTES. LA MODÉLISATION PERMET D'ÉVITER DE LES UTILISER SYSTÉMATIQUEMENT.



# 10 DES SOURIS POUR SOIGNER LA SCHIZOPHRÉNIE

La schizophrénie affecte six cent mille personnes en France. Or cette maladie, très handicapante, est encore mal comprise. Ses symptômes les mieux connus et soignés sont les hallucinations. Néanmoins, il en existe d'autres, plus difficilement traités, comme des difficultés à interagir socialement ou des troubles de la mémoire.

Nous ignorons encore ce qui déclenche la schizophrénie, mais nous savons qu'elle affecte le cerveau, notamment une région appelée « hippocampe », en modifiant l'activité électrique de ses neurones.

Le risque d'être atteint s'accroît avec certaines modifications génétiques et certains événements stressants.

Afin de mieux comprendre la maladie, j'en provoque les symptômes chez des souris dont un gène précis a été modifié et que j'ai soumises à divers stress. Je peux ensuite observer les effets de cette pathologie sur leurs neurones. J'ouvre ainsi la voie aux autres chercheurs, avec l'espoir, à terme, de contribuer à la découverte de nouvelles pistes thérapeutiques.

## POUR EN SAVOIR PLUS



## TITRE ORIGINAL DE LA THÈSE

Validation d'un modèle murin de schizophrénie pour améliorer la recherche de nouveaux traitements. Approche psychopharmacologique, en imagerie et en électrophysiologie



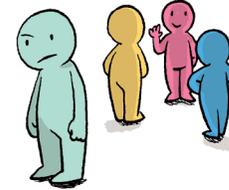
LE MOT « SCHIZOPHRÈNE » EST UTILISÉ BIEN TROP COURAMMENT POUR QUALIFIER UN INDIVIDU AUX PERSONNALITÉS MULTIPLES, ALORS QUE LA SCHIZOPHRÉNIE EST EN FAIT UNE MALADIE TRÈS DIFFICILE À COMPRENDRE ET TRÈS HANDICAPANTE. NÉANMOINS, DE NOMBREUX SYMPTÔMES PERMETTENT DE LA DÉCELER.

### HALLUCINATIONS



Sonores ou visuelles, elles altèrent la perception de la réalité.

### ASOCIABILITÉ



Tendance à se retirer de la vie sociale.

### ANHÉDONIE



Manque d'intérêt pour les sources de plaisir.

### TROUBLES MNÉSQUES



Par moments, la mémoire joue des tours.

### LATÉRALITÉ CONTRAÏÉE



La répartition gauchers/droitiers est moins marquée que dans le reste de la population.

AUJOURD'HUI, L'EXPÉRIMENTATION ANIMALE, TRÈS ENCADRÉE, N'EST AUTORISÉE QUE S'IL N'EXISTE PAS D'ALTERNATIVE. LE NOMBRE D'ANIMAUX SOLlicitÉS DOIT ÊTRE RÉDUIT AU STRICT MINIMUM, ET NOUS DEVONS TOUT METTRE EN ŒUVRE POUR LIMITER LEUR STRESS, LEUR INCONFORT, LEUR DOULEUR...

DÉCORTIQUER LEUR CERVEAU POURRAIT NOUS EN APPRENDRE BEAUCOUP, MAIS CE N'EST ÉVIDEMMENT PAS POSSIBLE.

POUR MENER MON ÉTUDE, JE DOIS DONC ME TOURNER VERS L'EXPÉRIMENTATION ANIMALE.



SI MA FORMATION D'ÉTHOLOGUE\* M'A SENSIBILISÉE À LA CONDITION ANIMALE, ELLE M'A AUSSI APPRIS À GARDER UN POINT DE VUE RATIONNEL ET LA DISTANCE NÉCESSAIRE LORS DE MES EXPÉRIENCES.

\* L'éthologie est la science du comportement animal et humain.

PLUSIEURS CAUSES SONT À L'ORIGINE DE LA SCHIZOPHRÉNIE. LE FACTEUR GÉNÉTIQUE, PAR EXEMPLE, QUE JE PEUX IMITER EN MODIFIANT DES GÈNES CHEZ MES SOURIS. MAIS CE N'EST PAS SUFFISANT POUR MA RECHERCHE...



IL VA FALLOIR QUE JE CONDITIONNE MON EFFECTIF DE COBAYES EN PRENANT EN COMPTE D'AUTRES PARAMÈTRES.



EN ÉTUDIANT LE PASSÉ DES SCHIZOPHRÈNES, DES CARACTÉRISTIQUES RÉCURRENTES DANS L'HISTOIRE PERSONNELLE DE BEAUCOUP D'ENTRE EUX ONT PU ÊTRE IDENTIFIÉES. PARMI CELLES-CI, NOUS EN AVONS CHOISI TROIS.

**DIFFÉRENTS FACTEURS DE LA SCHIZOPHRÉNIE**

- terrain génétique
- stress ressenti pendant la grossesse ou abandon maternel
- prise de THC\* à l'adolescence

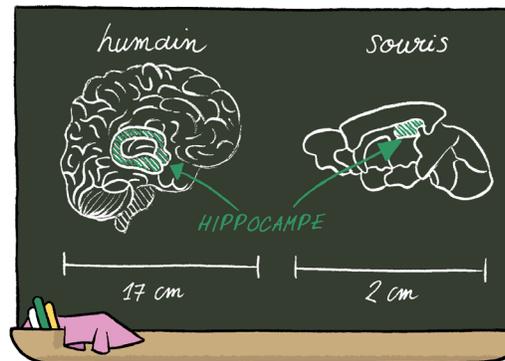
J'ÉLÈVE DES SOURIS EN APPLIQUANT CES TROIS FACTEURS. J'APPARENTE AINSI LEUR VÉCU À CELUI DES PATIENTS.

\* Une molécule du cannabis.

QUELQUE TEMPS PLUS TARD, POUR VÉRIFIER SI LE CONDITIONNEMENT A ÉTÉ EFFICACE, J'OBSERVE LE COMPORTEMENT DE CES SOURIS À L'AIDE DE PLUSIEURS TESTS QU'ELLES AURAIENT NORMALEMENT RÉUSSIS HAUT LA MAIN.



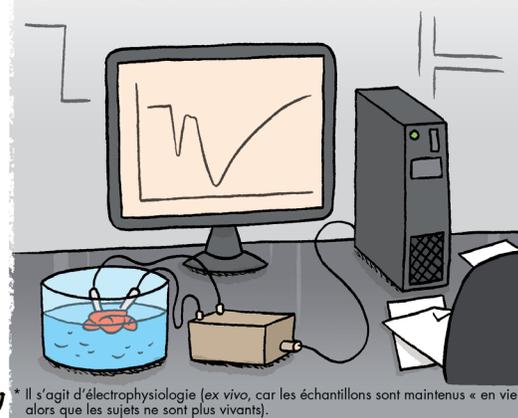
L'UN DE CES CONTRÔLES SE FAIT EN ÉTUDIANT LES MÉCANISMES DE LA MÉMOIRE. POUR CELA, JE DOIS EUTHANASIER LES SOURIS TRÈS PRÉCAUTIONNEUSEMENT, PUIS EXTRAIRE, AU CŒUR DU CERVEAU, LA PETITE RÉGION QUI M'INTÉRESSE.



J'AI DONC PU METTRE EN ŒUVRE UN PROTOCOLE À L'ISSUE DUQUEL J'OBTIENS UN PANEL D'INDIVIDUS TRÈS PRÉCIEUX, CAR IL PEUT REMPLACER L'HUMAIN DANS DES ÉTUDES DE LA MALADIE...



EN ENVOYANT DES IMPULSIONS\* QUI STIMULENT LES NEURONES DANS DES ZONES SÉLECTIONNÉES, JE RETROUVE BIEN DES ALTÉRATIONS ME CONFIRMANT UN DYSFONCTIONNEMENT.



IL FAUT REMARQUER AUSSI QUE, COMME CHEZ LES HUMAINS, TOUTES LES SOURIS NE DÉVELOPPENT PAS EXACTEMENT LES MÊMES SYMPTÔMES, MÊME LORSQU'ELLES ONT ÉTÉ CONDITIONNÉES SELON LES MÊMES FACTEURS...





**1. Alexandra Guennec**  
**MICROBES ET COQUES DE BATEAUX**

L'océan, c'est mon élément ! J'y ai navigué, plongé, nagé... Très tôt, j'ai appris à le respecter autant que je l'aimais. Mais ce bel écosystème est en danger et, si l'on ne fait rien, qu'en sera-t-il demain ? Aussi, je me suis lancé le pari fou, moi, petite Bretonne, de tenter d'y remédier. Après tous les bons moments que j'y ai passés, je lui dois bien ça, à cette mer tant aimée !

**Laboratoire de biotechnologie et chimie marines, université Bretagne Sud**



**2. Olivia Dorado**  
**CINÉMA : RETOUR VERS LES EFFETS SPÉCIAUX**

Enfant, je démontais tout ce qui me passait sous la main pour créer un tas de petites saynètes... et, finalement, j'ai continué en grandissant ! Cheffe décoratrice, j'ai créé des décors de films et, aujourd'hui, ce sont des univers filmiques que je me prépare à imaginer et à construire avec des effets spéciaux. La recherche a toujours été là, mais, maintenant, c'est officiel !

**Laboratoire de recherche en audiovisuel - Savoirs, praxis et poïétiques en art, université Toulouse-Jean Jaurès**



**3. Perle Guarino-Vignon**  
**L'ÉNIGME DES POPULATIONS D'ASIE CENTRALE**

Depuis mon enfance, comprendre le passé me fascine. Je créais même des expositions sur l'Égypte antique dans ma chambre ! Après le lycée, j'ai choisi la biologie plutôt que l'histoire et, après avoir étudié les fossiles et la génétique des hiboux, je me penche aujourd'hui, avec ma thèse, sur l'histoire de l'espèce qui nous intéresse le plus : la nôtre !

**Unité mixte de recherche Éco-anthropologie, (CNRS-Muséum national d'histoire naturelle), Sorbonne Université**



**4. Conrad Mastalerz**  
**LA 4D AU SERVICE DE PROTHÈSES ÉVOLUTIVES !**

Ma forte curiosité, mon questionnement permanent vis-à-vis de tout ce qui m'entoure – comment cela fonctionne-t-il ? de quoi est-ce fait ? – et mon besoin de me sentir utile m'ont naturellement conduit vers les sciences appliquées et, plus particulièrement, vers la conception de prothèses osseuses révolutionnaires : j'y introduis une quatrième dimension, celle du temps, ce qui représente un réel défi !

**Institut de thermique, mécanique, matériaux, université de Reims Champagne-Ardenne**



**5. Antoine Pasquier**  
**LES NOUVEAUX DÉFIS DE L'AGRICULTURE**

Il y a deux choses qui me rendent heureux : vivre des journées constituées de tâches que j'aime réaliser et améliorer l'environnement qui m'entoure. C'est ce qui m'a motivé pour faire de la recherche sur ces petits organismes que j'ai toujours adoré observer et qui permettront de construire une agriculture plus durable pour le monde de demain.

**Consortium public-privé de recherche INRAE/Bioline Agrosociences, université Côte d'Azur**



**6. Johan Foudrinoy**  
**Eaux MORTES, HISTOIRE ET OCÉANOGRAPHIE**

J'oscille entre plusieurs domaines : médecine ? histoire ? physique ? Je peine à en exclure ne serait-ce qu'un, mais la recherche reste mon objectif. Refusant d'abandonner les mathématiques, j'ai choisi la mécanique des fluides, une physique où les calculs prédominent. Mon sujet de thèse associe l'histoire à la physique, la linguistique aux mathématiques... à mon image !

**Institut Pprime (CNRS), université de Poitiers**



## 7. Alexandra Maure TUBERCULOSE : LA LUTTE CONTINUE

C'est à mon grand-père que je dois ma passion pour la science. Il me racontait les expériences scientifiques qui ont fait avancer le monde, et cela dès mon plus jeune âge. C'est ce qui m'a donné envie de me lancer dans la recherche, notamment sur la tuberculose, une maladie qui touche toutes les populations. Je pense que notre système immunitaire est notre plus grand allié pour la combattre !

**Unité mixte de recherche de pathogénomique mycobactérienne intégrée (CNRS/Institut Pasteur), université de Paris**



## 8. Éric Sergent LA BEAUTÉ CACHÉE DANS LES CIMETIÈRES

Un jour, les cimetières s'imposent à nous : on y accompagne ceux que l'on a aimés, on y rencontre ceux que l'on n'a pas connus. Les fréquenter a développé mon goût pour l'histoire, la sculpture et même l'architecture. Si j'ai décidé de leur consacrer ma thèse, c'est parce que ces lieux sont de véritables trésors d'art et d'histoire, souvent méconnus.

**Laboratoire de recherche historique Rhône-Alpes, université Lumière Lyon 2**



## 9. Deborah Federico LES MOUCHES ONT-ELLES DES TRADITIONS ?

En observant la nature, j'ai découvert ma question préférée : pourquoi ça existe ? Enthousiasmée par la recherche de l'origine de ce qui nous entoure, j'ai décidé d'étudier l'évolution, en particulier celle des comportements animaux. En apprenant que les insectes étaient peut-être capables d'évolution culturelle, j'ai ajouté un nouveau « pourquoi ? » à ma collection et j'ai décidé de creuser la question !

**Laboratoire Évolution et diversité biologique (CNRS/IRD), université Toulouse III-Paul Sabatier**



## 10. Solenn Percelay DES SOURIS POUR SOIGNER LA SCHIZOPHRÉNIE

Depuis le début de mes études en fac de psycho, une question m'intrigue : comment se fait-il que l'on consacre une telle énergie pour explorer les fonds marins ou l'espace, alors que l'on ne comprend toujours pas comment fonctionne notre cerveau ? Cette question m'a tellement fascinée qu'elle m'a conduite à devenir... docteur en neurosciences !

**Unité mixte de recherche COMETE, Mobilités : vieillissement, pathologie, santé, Inserm/université de Caen Normandie**

## ET POUR EN SAVOIR PLUS

### En rose, les titres jeunesse

#### 1. MICROBES ET COQUES DE BATEAUX

Minh-Thu Dinh-Audouin (coord.), *La Chimie et la Mer : ensemble au service de l'homme*, EDP Sciences, 2009

Maud Fontenoy et Yann Arthus-Bertrand, *Bleu : un océan de solutions*, Belin, 2020

Laurent Palka, *Le Peuple microbien*, Quae, 2020

Anne Olliver, *Les microbes sont-ils méchants ?*, Gulf stream éditeur, 2018

Marguerite Tiberti, *La Belle Bleue*, Éditions du Ricochet, 2016

Satoe Tone, *Une si jolie Terre*, Balivernes Éditions, 2020

#### 2. CINÉMA : RETOUR VERS LES EFFETS SPÉCIAUX

Roland Carrat, *L'Oreille numérique : vues nouvelles sur la perception des sons*, EDP Sciences, 2009

Olivier Cotte, *Le Grand Livre des techniques du cinéma d'animation : écriture, production, postproduction*, Dunod, 2018

Julie Deramond, Jessica de Bideran et Patrick Fraysse (dir.), *Scénographies numériques du patrimoine : expérimentations, recherches et médiations*, Éditions universitaires d'Avignon, 2020

Réjane Hamus-Vallée, *C'est quoi la magie du cinéma ?*, Gulf stream éditeur, 2019

#### 3. L'ÉNIGME DES POPULATIONS D'ASIE CENTRALE

Marc Azema et Laurent Brasier, *La Fabuleuse Histoire de nos origines*, Dunod, 2020

José Braga, Claudine Cohen, Bruno Maureille et Nicolas Teyssandier, *Origines de l'humanité : les nouveaux scénarios*, La ville brûle, 2016

Évelyne Heyer, *L'Odyssée des gènes*, Flammarion, 2020

Guillaume Lecointre, *L'Évolution, question d'actualité*, Quae, 2014

#### 4. LA 4D AU SERVICE DE PROTHÈSES ÉVOLUTIVES !

Étienne Guyon et al., *Du merveilleux caché dans le quotidien*, Flammarion, 2018

Derek B. Lowe, *Le Beau Livre de la chimie*, Dunod, 2016

Cédric Ray, *Quand la physique soigne*, Belin, 2020

## 5. LES NOUVEAUX DÉFIS DE L'AGRICULTURE

Vincent Albouy, *Les Animaux utiles au jardin : guide de lutte biologique*, Quae, 2020  
Raphaël Billé, Philippe Cury, Michel Loreau et Virginie Maris, *Biodiversité : vers une sixième extinction de masse*, La ville brûle, 2014  
Francis Bucaille, *Revitaliser les sols*, Dunod, 2020  
Geneviève Michon, *Agriculteurs à l'ombre des forêts du monde*, Actes Sud/IRD Éditions, 2015

## 6. EAUX MORTES, HISTOIRE ET OCÉANOGRAPHIE

Étienne Guyon, Jean-Pierre Hulin et Luc Petit, *Ce que disent les fluides : la science des écoulements en images*, Belin, 2011

## 7. TUBERCULOSE : LA LUTTE CONTINUE

Pascal Griset, Jean-Pierre Williot et Yves Bouvier, *Face aux risques : une histoire de la sûreté alimentaire à la santé environnementale*, Le Cherche Midi, 2020  
Murielle Naitali, *Que serions-nous sans eux ? Les microbes de notre quotidien*, Quae, 2018

## 8. LA BEAUTÉ CACHÉE DANS LES CIMETIÈRES

Bruno Bertherat (dir.), *Les Sources du funéraire en France à l'époque contemporaine*, Université d'Avignon et des pays du Vaucluse, 2015  
Stéphane Charpier, *La Science de la résurrection*, Flammarion, 2020  
Sophie Goederoit et Jacques Lombard, *Andolo : l'art funéraire sakalava à Madagascar*, IRD Éditions, 2007  
Viviane Huys et Denis Vernant, *Histoire de l'art : théories, méthodes et outils*, Armand Colin, 2019  
Rhéa Dufresne, *La mort, ça effraie un peu, beaucoup, énormément*, Éditions du Ricochet, 2020

## 9. LES MOUCHES ONT-ELLES DES TRADITIONS ?

Collectif, *Les Secrets du monde sauvage*, Dunod, 2020  
Damien Jayat, *Les animaux ont-ils une culture ?*, EDP Sciences, 2010  
François Moutou, *Et si on pensait aux animaux ?*, Le Pommier-Humensis, 2018  
Claire Lecœuvre, *Les Insectes : 21 petites histoires naturelles*, Éditions du Ricochet, 2020  
Frédéric Marais, *Le Goût des insectes*, Gulf stream éditeur, 2014

## 10. DES SOURIS POUR SOIGNER LA SCHIZOPHRÉNIE

Christophe Debien, *Nos héros sont malades*, HumenSciences, 2020  
Siddhartha Mukherjee, *Il était une fois le gène*, Flammarion, 2017  
Francesca Sanna, *Ma peur et moi*, Éditions du Ricochet, 2020

## ... SANS OUBLIER L'ACTUALITÉ DU LIVRE DE SCIENCE

### GRAND PUBLIC



Pierre Bessière,  
*La Grippe : un virus, des canards et des hommes*,  
EDP Sciences



Thierry Doré,  
Marc Dufumier et  
Gil Rivière-Wekstein,  
*Agriculture biologique :  
espoir ou chimère ?*,  
Le Muscadier



Claudine Cohen,  
*Nos ancêtres dans  
les arbres : penser  
l'évolution humaine*,  
Le Seuil



André Granier,  
*Les arbres  
grandissent-ils  
toute leur vie ?*,  
Quae

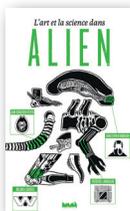


Collectif,  
*Biodiversité au Sud :  
recherches pour  
un monde durable*,  
IRD Éditions



Marc Lachièze-Rey,  
*L'Âge de l'univers*,  
humenSciences

## GRAND PUBLIC



Frédéric Landragin,  
Roland Lehoucq,  
Christopher Robinson et  
Jean-Sébastien Steyer,  
*L'Art et la Science  
dans Alien*,  
La ville brûle



Laurent Schafer,  
*Infinix : de l'infini  
cosmique à l'infini  
quantique en BD*,  
Dunod



Yaël Nazé,  
*Astronomie  
de l'étrange*,  
Belin



Trinh Xuan Thuan,  
*Mondes d'ailleurs*,  
Flammarion



Claire-Marie Pradier (dir.),  
Francis Teyssandier et  
Olivier Parisel (coord.),  
*Étonnante Chimie :  
découvertes et promesses  
du xx<sup>e</sup> siècle*,  
CNRS Éditions



Hervé le Guyader,  
*Ma Galerie  
de l'évolution*,  
Le Pommier

## JEUNESSE



Julie Chibbaro,  
*Stupeur*,  
Lucca éditions



Collectif,  
*La Grande Encyclopédie  
visuelle des sciences*,  
Gallimard Jeunesse



Guillaume Duprat  
et Olivier Charbonnel,  
*Le Livre des temps*,  
Saltimbanque



Brigitte Kernel,  
*Le Monde selon  
Albert Einstein*,  
Flammarion Jeunesse



Annabelle Kremer-  
Lecointre,  
*Femmes de science*,  
La Martinière Jeunesse



Patricia Laporte-  
Muller et Sophie Fromager,  
*Comment faisait-on  
avant certaines inventions ?*  
Gulf Stream éditeur



Pierre Levasseur  
et Sébastien Chebret,  
*Ouste, les virus !*,  
Éditions du Ricochet

[www.sciencespourtous.org](http://www.sciencespourtous.org)

Vous voulez suivre l'actualité des sciences, effectuer des recherches thématiques, initier vos enfants ou vous divertir ?

Que vous soyez parent, enfant, passionné, libraire, documentaliste, bibliothécaire, averti ou débutant, **www.sciencespourtous.org** est fait pour vous :

- avec 2 000 titres en mathématiques, physique, chimie, sciences de la vie, de la Terre et de l'Univers, écologie, histoire des sciences..., il vous invite à la découverte de tous les domaines des sciences fondamentales ;

- beaux livres, essais, albums, fiction, etc. : il s'agit de la sélection des meilleurs ouvrages pour la jeunesse et pour les adultes, réalisée chaque mois par les éditeurs du Syndicat national de l'édition.

## REMERCIEMENTS

Que soient ici remerciés les universités, et notamment leurs services de communication et des relations entre science et société, qui ont accompagné les 10 doctorants dans leur travail de mise en récit et en images de leur thèse, les laboratoires de recherche dans lesquels ils réalisent leurs thèses ainsi que les équipes du ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation, du ministère de la Culture, de la Conférence des présidents d'université, de l'association Art + Université + Culture et du groupe Sciences pour tous du SNE. Tous se sont grandement investis pour que ce livre voie le jour.

Nous remercions également la CASDEN Banque Populaire pour son soutien à la diffusion de ce livre.

Nous adressons un remerciement tout spécial aux équipes de l'université de Lorraine, notamment Nicolas Beck et Étienne Haouy, qui ont apporté un fort soutien au lancement de cette collection en 2019 grâce au partage de leur expérience acquise lors de la réalisation de l'ouvrage *11 Thèses en BD* (peb & fox, le potager moderne, 2016, 2017 et 2018). Nous tenons aussi à remercier Laurence Bordenave, fondatrice du collectif Stimuli, et Julien Le Bonheur, responsable de la communication scientifique de l'université de Rennes 1, pour leurs apports à cette édition, dans le cadre de la formation délivrée aux doctorants.

### Par ordre alphabétique :

Association Art + Université + Culture : **Marie-Aude Lefeuve**  
CASDEN Banque Populaire : **Philippe Miclot et Lionel Courchinoux**  
Conférence des présidents d'université (CPU) : **Johanne Ferry-Dély et Marine Lopes**  
Ministère de la Culture : **Astrid Brandt-Grau, Thierry Claerr et Sonia Zillhardt**  
Ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation :  
**Laureline Allègre, Élodie Cheyrou, Nicolas Ngo et Damien Rousset**  
SNE : **Olinda Bénédi, Christian Counillon et Isabelle Garric**

### Et pour chaque doctorante et doctorant, par ordre de citation :

**Alexandra Guennec** encadrée par Delphine Le Gall : [université Bretagne Sud](#)

**Olivia Dorado** encadrée par Fabienne Denuc : [université Toulouse-Jean Jaurès](#)

**Perle Guarino-Vignon** encadrée par Virginie Thibaud : [université de Paris](#)

**Conrad Mastalerz** encadré par Nathalie Le Barch et Geoffroy Prevost : [université de Reims Champagne-Ardenne](#)

**Antoine Pasquier** encadré par Anne-Sophie Coldefy : [université Côte d'Azur](#)

**Johan Foudrinoy** encadré par Sylvie Coiteux : [université de Poitiers](#)

**Alexandra Maure** encadrée par Christiane Fortassin : [université de Paris](#)

**Éric Sergent** encadré par Sarah Lowicki et Ludovic Faure : [université Lumière Lyon 2](#)

**Deborah Federico** encadrée par Nadia Vujkovic : [université Toulouse III-Paul Sabatier](#)

**Solenn Percelay** encadrée par Gwénaëlle Delpeux et Virginie Klauser : [université de Caen Normandie](#)

Et tout particulièrement [l'équipe éditoriale](#) : Catherine Cornu à la rédaction et à l'édition, Guillaume Prieur à la direction artistique, peb & fox à la scénarisation, au dessin et à la mise en couleurs des bandes dessinées.

### Crédits photographiques

Préface

Frédérique Vidal © MESRI/XR Pictures

Roselyne Bachelot © MC/Didier Plowy

3. Perle Guarino-Vignon © JJM

Imprimé en France par l'imprimerie Chirat

Dépôt légal : octobre 2021 – N°