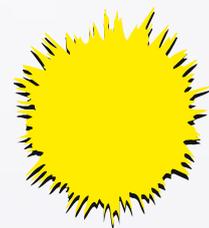


A3 Magazine

Rayonnement du CNRS



N° 77 - Automne 2021



L'environnement et nos conditions de vie aujourd'hui et demain



RAYONNEMENT
DU CNRS

Association des Ancien et des Amis du CNRS



cnrs



A3 Magazine - Rayonnement du CNRS - Prix : 8 €

A3 Magazine - ISSN 1953-6542

Directrice de la publication : Liliane Gorrichon

Rédactrice en chef : Véronique Machelon

Editrice : Vivienne Gianinazzi-Pearson

Maquette et mise en page : Bernard Dupuis

Comité de rédaction :

Fabrice Bonardi, Daniel Charnay, Jacques Couderc, Bernard Dupuis, Alain Foucault, Vivienne Gianinazzi-Pearson, Paul Gille, Christian Girault, Liliane Gorrichon, Evelyne Jautrou, Marie-Françoise Lafon, Edmond Lisle, Véronique Machelon, Dominique Simon.

Remerciements aux contributeurs de ce numéro 77

Jean-Marc Bonmatin, Stéphane Blanc, Fabrice Bonardi, Jean-Paul Carrière, Jean-Michel Claverie, Isabelle Chuine, Jean-Patrick Connerade, Michel Cordillot, Jacques Couderc, Patrice Debré, Michel Delseny, Francesca Di Pietro, Elizabeth Giacobino, Christian Girault, Silvio Gianinazzi, Liliane Gorrichon, Denis Guthleben, Abdelillah Hamdouch, Evelyne Jautrou, Florent Kohler, Anne Larigauderie, Laurent Loison, Marie-Laure Navas, Serge Rambal, Amélie Robert, José Serrano, Francesco Solenas.

La raison d'être de l'Association des Anciens et des Amis du CNRS

L'Association a été créée en 1990, dans le but de maintenir des échanges entre anciens et des amis du CNRS, pour conserver un lien avec le CNRS, et pour continuer à œuvrer à son rayonnement.

Ainsi, pour répondre à la première de ces missions et maintenir ces liens, L'Association offre aux adhérents de nombreuses occasions de communiquer et de se rencontrer.

Nos adhérents reçoivent à leur domicile le Journal du CNRS et l'A3-Magazine, journal de notre Association qui paraît deux à trois fois par an. Un autre type de lien est offert par notre site en ligne (www.a3cnrs.org) qui présente l'Association et ses activités variées. Depuis l'automne 2020, une lettre électronique régulière (une à trois fois par trimestre selon l'information disponible et la période) est envoyée aux adhérents.

L'Association organise tous les ans une assemblée générale à laquelle tous les adhérents sont invités. Elle se tient alternativement en région et à Paris. La plus récente s'est tenue à Paris les 20 et 21 mai 2019 ; celle de 2020 où nous espérons fêter les 30 ans de notre association n'a pu comme prévu se tenir à Lyon les 5 et 6 octobre en raison du contexte sanitaire. Si la situation s'améliore, l'assemblée générale 2021 devrait prendre place à Lyon à l'automne prochain.

Nos adhérents peuvent aussi participer aux rencontres scientifiques et culturelles organisées dans les régions, ou encore aux voyages en France et à l'étranger ouverts à tous. Dans le cadre des régions, les conférences ou les visites, organisées localement par l'intermédiaire de nos représentants régionaux, sont des pôles d'animation accessibles et très appréciés.

L'Association des Anciens et des Amis du CNRS a pour deuxième mission de contribuer au Rayonnement du CNRS. Dans ce cadre, les efforts antérieurement entrepris pour un développement à l'international, en tentant de recréer des liens avec nos collègues étrangers, méritent d'être réexaminés selon de nouvelles modalités et non sans avoir, au préalable, renforcé notre implantation nationale.

En France, les échanges lors de visites scientifiques dans les laboratoires ou entreprises, notre participation aux journées de sensibilisation à la science, les conférences offertes dans certains centres ou milieux professionnels, constituent une contribution importante au rayonnement du CNRS, de la recherche et de la science dans le grand public.

L'association reste ouverte à toutes les suggestions que nous proposeront nos adhérents comme aux demandes extérieures.

Liliane Gorrichon et Elisabeth Giacobino - Présidente et Vice-présidente de l'A3

A3 Magazine n° 77 - Automne 2021

L'ÉDITORIAL DE LA PRÉSIDENTE
LE MOT DE LA RÉDACTION2
3L'ENVIRONNEMENT ET NOS CONDITIONS DE VIE
AUJOURD'HUI ET DEMAIN

Avant-propos

4

- Des écosystèmes terrestres à l'avenir assombri par les changements climatiques ? *Serge Rambal* 5
 - L'état de la biodiversité a un effet direct sur nos vies *Anne Larigauderie* 12
 - L'écologie participative *Isabelle Chuine* 17
 - *To bee or not to bee. L'exemple édifiant des insecticides néonicotinoïdes* *Jean-Marc Bonmatin* 21
 - Émergence et propagation des épidémies *Patrice Debré* 27
 - Risques sanitaires liés au réchauffement de l'Arctique *Jean-Michel Claverie & Chantal Abergel* 32
 - Entretien : la Fondation Tara Océan *Véronique Machelon & Christian Girault* 38
 - Humanités environnementales *Florent Kohler* 41
- EN SAVOIR PLUS 46
- À l'aube de la 6^e extinction *Bruno David*
 - La fabrique des pandémies *Marie-Monique Robin*
 - Evolution, écologie et pandémies. Faire dialoguer Pasteur et Darwin *Samuel Alizon*
 - Abeilles, une histoire intime avec l'humanité. *Ouvrage collectif*
 - Climat : comment éviter un désastre *Bill Gates*,

SPOTS

48

- Zoom sur la recherche en écologie au CNRS : l'INEE et le CEFE *Vivienne Gianinazzi-Pearson*
- La Ville face aux enjeux de Nature *Jean-Paul Carrière, Francesca Di Pietro, Abdelillah Hamdouch, Amélie Robert, José Serrano*
- Philippe Saint Marc, un pionnier de l'Écologie humaine *Véronique Machelon*
- À propos du 150^e anniversaire de la Commune de Paris *Michel Cordillot*
- Nobel et CNRS : histoires croisées ... *Denis Guthleben*
- Les confidences de Baruj Benacerraf, prix Nobel de médecine *Jacques Couderc*
- Dante toujours présent *Jean-Patrick Connerade*

KIOSQUE

67

- La coquille Saint-Jacques, sentinelle de l'océan *Laurent Chauvaud*
- The discoveries and artistic talents of Edouard Chatton and André Lwoff, famous biologists *Marie-Odile Soyer-Gobillard et Joseph Schrevel*
- Le retour du père *Serge Feneuille*
- La lumière révélée. De la lunette de Galilée à l'étrangeté quantique *Serge Haroche*
- Inhibition créatrice *Alain Berthoz*
- Identifier et conserver vos papiers anciens et estampes *Olivier Maupin*
- Opération porte ouverte *Anne Flamand*
- L'ADN fossile, une machine à remonter le temps, *Michel Delseny*
- La graine de mon assiette : De l'origine de l'agriculture et de ses semences à une invitation à changer le monde *Véronique Chable et Gauthier Chapelle*

PASSIONS D'ADHÉRENTS(E)S

73

- Napoléon, le contraste Corse *Fabrice Bonardi*
- ... et Napoléon fit le Tessin *Silvio Gianinazzi*
- Oraison du Prince consort *Jean-Patrick Connerade*

RAYONNEMENT DU CNRS

78

IN MEMORIAM

80

Cher(e)s collègues et ami(e)s,

Ce nouveau numéro du Magazine présente un dossier conséquent relatif à l'environnement et à nos conditions de vie actuelles et futures. Je suis persuadée que vous apprécierez la présentation d'un vaste panorama de données scientifiques dans ce domaine. Elles devraient faciliter une prise de conscience individuelle indispensable pour chacun de nous. Elles permettent à coup sûr d'ouvrir un débat et une réflexion que l'on souhaite efficace et sereine.

L'inquiétude est présente et le rôle inconsidéré des activités humaines avec son lot de dégradations, la disparition intensive d'espèces est en question. Concernant l'état des océans ou les risques sanitaires liés au dégel du permafrost, de la propagation des épidémies liées à l'aggravation des conditions climatiques, les articles proposés nous alertent et contribuent à nous éclairer dans un contexte déterminant pour notre avenir. S'il existe un relatif consensus auprès des scientifiques, il n'a probablement pas encore atteint avec suffisamment de force toute la communauté humaine qui continue à se déployer sans réelle modération, voire avec une certaine indifférence. Ce à quoi compte remédier la mise en place « d'Humanités environnementales » où la nature serait à la fois un acteur et un interlocuteur permettant à terme une « écologie de la réconciliation ».

*L'homme est ainsi bâti : quand un sujet l'enflamme
l'impossibilité disparaît à son âme
Combien fait-il de vœux ? Combien perd-il de pas
S'outrant pour acquérir des biens ou de la gloire ?
« Si j'arrondissais mes états
Si je pouvais remplir mes coffres de ducats !
Si j'apprenais l'hébreu, les sciences, l'histoire ! »
Tout cela c'est la mer à boire.
Mais rien à l'homme ne suffit...*

(Jean de la Fontaine- Les deux chiens et l'âne mort)

Pour beaucoup l'analyse se limite à celle de leur situation présente et l'intérêt qu'ils portent aux risques

annoncés à une échéance encore lointaine est restreint. Espérons cette fois que ce soit le souci de notre environnement qui nous « enflamme » et nous conduise sur les chemins d'un équilibre environnemental préservé. Les ouvrages donnés en référence ou signalés dans le kiosque contribueront à enrichir nos connaissances à ce sujet.

Vous trouverez sans doute aussi une détente à la lecture d'articles d'une grande richesse, rappelant que cette année 2021 marque des anniversaires prestigieux qu'il s'agisse de ceux de la mort de Dante et de Napoléon, de la création des prix Nobel (et des confidences de l'un d'entre eux) ou encore de la Commune de Paris ...

Avant de conclure je voudrais vivement remercier Martine Carisey et Annie Demichel, qui après avoir apporté, pendant de longues années, leur aide et leur participation active à l'élaboration de l'A3 Magazine, ont quitté le comité de rédaction. Le rôle joué par Annie Demichel comme secrétaire de rédaction a été exceptionnel ; son attention rigoureuse, son soutien sans faille ont été déterminants pour la qualité des textes que vous avez appréciés.

Je ne saurais terminer ce message sans vous dire combien j'espère aussi que vous avez franchi sans trop de difficultés cette longue période. Je vous remercie pour la confiance que vous avez continué à nous apporter. J'exprime aussi ma gratitude à tous les contributeurs ayant permis la réalisation de ce magazine et bien entendu à tous les bénévoles qui ont résisté à l'adversité en maintenant les activités et les contacts raisonnablement possibles au cours de cette année.

Liliane Gorrichon

Après un numéro consacré à la santé des plantes qui, nous l'espérons, vous a intéressés et a satisfait votre curiosité, nous abordons ici le thème de l'environnement amorcé par la précédente équipe de rédaction et mis en suspens par la pandémie. Le temps est venu de le reprendre avec la participation de Serge Rambal que nous tenons à remercier, ainsi qu' Evelyne Jautrou pour son intervention auprès des chercheurs en Humanités environnementales.

La préservation de l'environnement est devenue un souci quotidien. Il n'y a pas de jour où ce sujet ne soit évoqué à la radio, à la télévision, dans les journaux, tant il nous concerne au plus près. La hausse des températures responsable du dégel des calottes glaciaires et à l'origine d'événements météorologiques hors normes, ouragans, inondations, incendies qui mettent en péril nos vies quotidiennes, les pollutions de toutes sortes qui portent atteinte à notre santé et à la biodiversité, menacent la survie des animaux et des plantes. N'observons-nous pas tous les jours que les oiseaux et les abeilles, si nécessaires à la pollinisation des plantes, se font plus rares dans nos jardins. Bref, il y va aujourd'hui de la survie de beaucoup d'espèces, y compris l'espèce humaine et de l'avenir de la planète.

Chaque année le 5 juin, désigné comme Journée mondiale de l'environnement par les Nations Unies en 1972 (A/RES/2994 (XXVII)), est un enjeu spécifique important mis en avant par les gouvernements et les organismes des Nations Unies. En 2021, elle se concentre sur la restauration de tous les types d'écosystèmes (forêts, zones humides, récifs coralliens, ...) qui ont été dégradés ou détruits ainsi que la conservation de ceux intacts. Son thème « Réimaginer, recréer et restaurer » a inauguré la Décennie des Nations Unies pour la restauration des écosystèmes (2021-2030), une mission mondiale visant d'assurer des écosystèmes plus sains, avec une

diversité biologique plus riche, des sols plus fertiles, du carbone stocké, une réduction de gaz à effet de serre.

Nos modes de vie façonnent notre environnement qui en retour modèle nos conditions de vie. Dans ce numéro, nous n'avons pas la prétention de tout vous dire ou vous apprendre sur le sujet, ni de jouer aux devins quant au devenir de notre terre. À travers quelques articles écrits par des spécialistes de la question, nous espérons juste vous proposer un aperçu des problèmes que nous avons à affronter aujourd'hui et dans les années à venir, et des moyens mis en œuvre pour essayer de les résoudre. L'étude de l'Homme et son environnement se situe à l'interface entre sciences sociales et écologie. Les thématiques abordées s'organisent autour du changement climatique, la diversité biologique et son rôle dans les écosystèmes actuels ou passés, en lien avec l'impact des activités et des cultures humaines, à l'origine d'initiatives de conservation et de protection de l'environnement.

Nous n'en oublions pas pour autant que 2021 est une année riche en commémorations : les 700 ans de la mort de Dante, le bicentenaire de la mort de Napoléon, les 150 ans de la Commune de Paris, les 120 ans du prix Nobel. Quelques livres sont aussi présentés qui nous ont paru intéressants à vous signaler, et la parole est donnée à nos adhérents pour vous faire partager leurs passions. La Lettre A3 nous a relayés pour relater la vie des régions mais il reste que vous êtes tous invités à nous faire partager vos coups de cœur pour un livre, un pays à découvrir, une exposition, un concert, un film, une conférence... par quelques lignes que vous nous enverrez et que nous publierons avec plaisir dans la revue de notre Association.

Bonne lecture à tous et à toutes !

Véronique Machelon et Vivienne Gianinazzi-Pearson



AVANT-PROPOS

Nous ne laissons pas à la nature le temps de nous parler, de nous enseigner à son rythme. Là pourtant réside la mémoire perdue de l'humanité. A l'heure du développement durable, le moment est peut-être venu de nous tourner vers elle pour lui demander, en toute modestie, de nous inspirer de quelques remèdes, de nous révéler quelques techniques éprouvées pour atteindre la pérennité dans le progrès. Car la nature n'en est pas, comme nous, à s'interroger sur le pourquoi et comment du développement durable. Tandis que nous théorisons sur le sujet, elle le pratique assidûment et depuis le fond des âges. (P. Jamet, La quatrième Feuille. Trois études naturelles sur le développement durable. École des mines de Paris, 2004).

L'Homme modèle son environnement par ses actions, négatives ou positives, et modifie le libre fonctionnement de la nature et les écosystèmes. Depuis quelques décennies on tire la sonnette d'alarme sur les retombées d'effets néfastes susceptibles d'affecter fortement nos conditions de vie. Dans ce numéro de l'A3 Magazine nous avons fait appel à des chercheurs spécialistes de différents domaines afférant à l'environnement, pour présenter les tenants et aboutissants de l'implication pour les êtres vivants des changements planétaires environnementaux, écologiques, et sanitaires, et comment nous pouvons réagir afin de préserver un monde où il fait bon vivre, aujourd'hui et demain. Qu'ils trouvent ici nos remerciements chaleureux.

Pour introduire le sujet, rappelons le rôle central du CNRS pour le développement des recherches dans le domaine de l'environnement et l'écologie, en France et dans le monde. La reconnaissance institutionnelle de l'écologie en France date du milieu du siècle dernier. En 1950, la première rencontre internationale consacrée à l'écologie est organisée par le CNRS, le Muséum national d'histoire naturelle installe la chaire d'Écologie et de protection de la nature en 1955, et six ans plus tard le CNRS crée un grand Centre d'études phytosociologiques et écologiques (CEPE) devenu Centre d'écologie fonctionnelle et évolutive (CEFE) en 1988 (présenté aux pages 48 et ss). C'est en 1971 que le ministère de l'Environnement voit le jour, puis en 1976 la création de la section d'écologie au Comité national du CNRS affirme la reconnaissance de cette discipline par la communauté scientifique. Le Programme interdisciplinaire de recherche sur l'environnement (Piren), où l'écologie est concernée au premier chef, est instauré en 1978 et occupera une place importante dans l'organisation de l'interdisciplinarité au CNRS jusqu'en 1989. Devenu « Programme environnement » en 1990, il aboutit à la création du département Environnement et développement durable (EDD) du CNRS en 2006. Lors de son nouveau contrat en 2009, le CNRS créa dix instituts, dont Écologie et Environnement (INEE - présenté aux pages 48 et 49) qui succède au département EDD.

Vivienne Gianinazzi-Pearson & Véronique Machelon

Des écosystèmes terrestres à l'avenir assombri par les changements climatiques ?



Serge Rambal est ingénieur en hydrologie mathématique et docteur-ingénieur en Écologie de l'université de Montpellier. Docteur ès sciences de l'université d'Orsay, ses recherches au Centre d'écologie fonctionnelle et évolutive (CEFE) du CNRS à Montpellier ont d'abord concerné le rôle de la sécheresse sur le fonctionnement hydrique des plantes, des écosystèmes et des paysages. Puis de 1998 à 2012, grâce à des projets européens, elles se sont élargies aux flux de CO₂ et aux composés organiques volatiles. Actuellement, il est professeur invité de l'université de Lavras (Brésil).

Résumé : Les écosystèmes terrestres influent sur le climat de la Terre par leurs échanges d'énergie et de matière avec l'atmosphère. Par leur capacité à séquestrer une partie de nos émissions de gaz carbonique, ils mitigent les changements climatiques. Cependant, ils voient leur résilience menacée par la récurrence des sécheresses, des canicules, des incendies incontrôlables et par l'expansion de l'agriculture industrielle. Des points de basculements sont proches pour les forêts tropicales et boréales. Fin 2019, le méga-feu australien est plus qu'un signe avant-coureur. Le dépérissement massif et la déforestation de l'Amazonie font disparaître son puits de carbone rendant les transformations du climat incontrôlables. La conservation de la biodiversité ne contribue qu'en partie à maintenir les fonctions de régulation des écosystèmes et donc à amortir la crise climatique.

L'accord de Paris de 2015 de la COP21 vise à réduire les émissions de gaz à effet de serre pour la période après 2020, et prévoit de maintenir la température mondiale à 1,5 °C au-dessus des niveaux de l'ère préindustrielle. Le 18 octobre 2018, le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) (*Intergovernmental Panel on Climate Change*, IPCC) publie un rapport spécial intitulé *Réchauffement planétaire de 1,5 °C*. Dans le résumé à l'intention des décideurs, nous pouvons lire : *Les impacts du réchauffement planétaire sur les systèmes naturels et humains sont déjà visibles. De nombreux écosystèmes terrestres et océaniques et certains des services qu'ils rendent ont déjà changé.* Ce rapport est surtout destiné à alerter sur l'imminence de la crise climatique. Le 2 décembre 2020, sous l'égide de l'Onu, l'Organisation mondiale de la météorologie (OMM) publie un pré-rapport alarmiste sur *l'état du climat mondial en 2020*. Ainsi, en Amérique du Sud, une grave sécheresse a touché de nombreuses régions. Les pertes

agricoles sont estimées à près de 3 milliards de dollars pour le seul Brésil qui a aussi connu d'importants feux de forêt dans le Pantanal. Aux États-Unis, une sécheresse généralisée et des températures extrêmes ont contribué aux gigantesques incendies de la fin de l'été et de l'automne. La période de juillet à septembre a été la plus chaude et la plus sèche jamais enregistrée en Californie (vallée de la mort 54,4 °C le 16 août). L'Australie a battu des records de chaleur en début d'année, notamment à l'ouest de Sydney, 48,9 °C le 4 janvier. Lors de la présentation de ce rapport, le Secrétaire général de l'OMM déclare : « La température mondiale moyenne en 2020 devrait être d'environ 1,2 °C supérieure au niveau préindustriel (1850-1900). Il y a au moins une chance sur cinq qu'elle dépasse temporairement 1,5 °C d'ici 2024 ».

LE DÉCOR EST PLANTÉ

Sécheresses récurrentes, canicules, incendies incontrôlables, voici l'environnement dans lequel doivent fonctionner et persister les écosystèmes terrestres. La mortalité accélérée des arbres des forêts dans toutes les régions du monde, la désertification en zones arides et semi-arides fragilisent ou font disparaître des écosystèmes qui jouent un rôle climatique central par leur fonctionnement et plus particulièrement par la régulation des échanges d'énergie et de matière à l'interface avec l'atmosphère. Menacés par les extrêmes climatiques, ils subissent une pression anthropique de plus en plus élevée.

LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES EN QUELQUES DATES

♦ 1827 - Joseph Fourier décrit : « l'effet de serre » sans en identifier les réelles causes.

- ◆ 1856 - Eunice Foote, 1859 - John Tyndall et 1896 - Svante Arrhénius mettent en évidence le rôle du CO₂ et de la vapeur d'eau dans l'effet de serre.
- ◆ 1956 - Gilbert Plass démontre que le doublement de la teneur en CO₂ de l'atmosphère conduira à un réchauffement planétaire de 3,6 °C.
- ◆ 1958 - David Keeling commence à Mauna Loa (Hawaï) des mesures continues du CO₂ atmosphérique : septembre 1958, 313 ppm ; juillet 2020, 418 ppm.
- ◆ Vers 1970 - les premiers modèles de simulation du climat sont utilisés.
- ◆ 1988 - Le GIEC est créé pour évaluer l'état des connaissances scientifiques, techniques et socio-économiques sur les changements climatiques, leurs causes, leurs répercussions et les stratégies d'adaptation et d'atténuation.
- ◆ 2005 - Entrée en vigueur du Protocole de Kyoto. Seuls 36 pays industrialisés s'engagent à réduire leurs émissions. Les principaux émetteurs s'abstiennent.
- ◆ 2015 - L'accord de Paris de la Convention-cadre de l'Onu sur les changements climatiques est approuvé par 195 délégations. Les Etats-Unis n'en firent plus partie de 2017 à 2021.
- ◆ 2020 - **Nous attendons toujours des décisions à la mesure de la catastrophe annoncée. Le 11 décembre, l'Europe s'engage à réduire d'au moins 55 % ses émissions de CO₂ d'ici à 2030 !**

LA PROBLÉMATIQUE DES PUIITS DE CARBONE

Lors de la prise de conscience des effets projetés sur le climat de l'augmentation du CO₂ atmosphérique, les regards se sont tournés vers les écosystèmes terrestres et océaniques et sur leurs rôles potentiels comme puits de carbone. Les écosystèmes terrestres et océaniques combinés continuent d'absorber plus de la moitié du CO₂ émis dans l'atmosphère (54 % pour l'année 2020 à cause de la pandémie Covid). Pour la décennie 2010-2019, l'océan a absorbé 9,2 gigatonnes (Gt) de CO₂ par an et les écosystèmes terrestres 12,5 Gt par an.

L'effet positif de l'augmentation du CO₂ sur la photosynthèse, c'est-à-dire sur l'entrée de carbone dans les végétaux, devait permettre une augmentation substantielle de la productivité et donc de la séquestration du carbone atmosphérique dans la biomasse. D'aucuns pensaient tenir là une des solutions, un cercle vertueux, rejoignant, en quelque sorte, l'hypothèse Gaïa de James Lovelock qui suppose que les formes vivantes de la planète et leur environnement se comportent comme un système s'auto-régulant (en homéostasie). Avant d'aller plus loin, il nous faut revenir sur la notion de puits de carbone. Pour un écosystème terrestre, il s'agit du bilan des flux entrée-sortie entre d'une part, la pho-

tosynthèse et d'autre part, la respiration de la matière organique du sol et celle des végétaux. Chacun de ces processus est dépendant de l'environnement et très sensible à la température et à la sécheresse. Ainsi nous pouvons observer des écosystèmes accumulant facilement du carbone dans la biomasse car la respiration du sol est importante. Les puits de carbone ne sont pas des acquis et nous savons que dans un monde plus chaud ils tendent à devenir moins efficaces. Une rétroaction qui finalement amplifie le réchauffement global puisque le CO₂ continue de s'accumuler dans l'atmosphère.

Dès 1997, l'Europe fut pionnière pour mettre en place et soutenir un consortium de recherche pour quantifier les puits de carbone dans ses écosystèmes, au départ un échantillon largement forestier. Le premier site de mesure du CNRS fut mis en place dans le sud de la France sur un taillis de chêne vert à partir de juillet 1998 (Fig. 1). Ce fut réalisé dans un contexte difficile où le ministre de la Recherche était un climat-sceptique avéré. Il a été montré que ces taillis, présents sur 350 000 ha, sont capables de séquestrer en moyenne 9,5 tonnes (t) de CO₂ par hectare par an, soit approximativement le CO₂ émis par 8 automobiles roulant 10 000 km par an et rejetant 120 g de CO₂ par km (1). La force de ce puits varie en fonction de l'environnement. En année favorable, il peut atteindre 16,5 t et en année sèche diminuer à 4 t. Très tôt le consortium démontra que les écosystèmes terrestres européens n'immobilisent qu'entre 7 et 12 % du carbone anthropique émis sur ce même territoire.



*Fig. 1 : Tour de mesure par corrélations turbulentes des flux d'énergie, d'eau et de carbone d'une forêt de chênes verts à Puechabon 50 km au nord de Montpellier
© Dream - CEFÉ/CNRS.*

De plus, ce puits de carbone est très sensible aux événements extrêmes : lors de la canicule de 2003, l'Europe

émet une quantité de carbone annihilant 4 ans de séquestration. On estime que l'ensemble des puits terrestres fluctue de 3 Gt en réponse à la variabilité du climat. Cette large variabilité nous interroge sur la résilience et la vulnérabilité des écosystèmes terrestres, et au final sur la pérennité des puits de carbone.

L'HYPOTHÉTIQUE RÉSILIENCE DES FORÊTS TROPICALES HUMIDES

La notion de résilience proposée par HT Odum, écologiste américain, en 1953 mettait l'accent sur la stabilité, c'est à dire la capacité d'un système vivant à revenir à un état d'équilibre après une perturbation temporaire (2). Dans ce cas, la résilience est la mesure de la rapidité avec laquelle l'équilibre est rétabli, mais elle ne donne que peu d'indications sur le comportement transitoire des systèmes qui ne sont pas proches de l'équilibre. Cette notion est différente de celle proposée plus tard par l'écologiste canadien CS Holling qui soutient que c'est la persistance d'un système écologique qui est une mesure de sa résilience (3). Ici, la résilience mesure la durée pendant laquelle un système peut persister, en absorbant les changements et les perturbations, jusqu'à ce qu'il dépasse un seuil et subisse une reconfiguration ou un changement de régime.

Dans ce contexte, comment se comporte et va se comporter le puits de carbone le plus important de la planète, celui des forêts tropicales humides (Fig. 2) ? Au cours des années 1990 et au début des années 2000, ce puits atteignait la moitié de celui de tous les écosystèmes terrestres de la planète, séquestrant environ 17 % des émissions anthropiques. Leur productivité élevée était stimulée par l'augmentation de la concentration en CO₂ dans l'atmosphère, mais chaque année, cette stimulation est de plus en plus contrebalancée par les effets néfastes de l'augmentation des températures et de la fréquence des sécheresses qui ralentissent la croissance des arbres et accélèrent leur mortalité. De récentes recherches montrent que cette perte d'efficacité est déjà largement en marche (4). En étudiant pendant 30 ans plus de 300 000 arbres sur 560 parcelles situées en Amazonie et en Afrique équatoriale, des chercheurs ont pu mesurer de façon précise l'évolution de leur capacité à stocker du carbone. De 1990-2000 à nos jours, le puits de la forêt amazonienne a diminué de 63 % et celui du côté africain de 26 %. Cette différence est largement due à la mortalité des arbres, c'est à dire une perte de résilience. Les chercheurs projettent un déclin limité du puits africain et un affaiblissement rapide du puits amazonien lequel devait devenir une source de carbone au milieu des années 2030. Autrement dit, un des régulateurs majeurs du climat global est sur le point de cesser de



Fig. 2 : Forêt tropicale du Cerro Yuuca au Honduras.
© Serge Rambal.

fonctionner, devenant lui-même acteur des changements. Nous pouvons nous attendre à ce que d'autres forêts tropicales suivent cette trajectoire. Ces évolutions ne sont pas de bon augure. En effet, le risque de dépérissement massif de certaines forêts constitue l'un des points de basculement qui pourraient rendre le changement climatique difficilement contrôlable.

La déforestation et le pâturage aggravent encore ce diagnostic. Depuis plus de 50 ans, nous savons que le cycle hydrologique de l'Amazonie dépend significativement de la transpiration de sa végétation. Lorsqu'il pleut sur la forêt, au moins 75 % de cette eau est renvoyée sous forme de vapeur d'eau dans la masse d'air qui se déplace vers l'ouest. La forêt recycle chaque molécule d'eau cinq à six fois avant que le flux de vapeur d'eau ne s'infléchisse vers le sud à proximité de la cordillère des Andes. Cette vapeur d'eau n'est pas confinée au seul bassin amazonien mais constitue un élément central du système climatique du sous-continent et un apport indispensable à l'agriculture brésilienne. En fait, tous les pays d'Amérique du sud autres que le Chili, bloqué par les Andes, en bénéficient. Lorsque les terres sont déboisées, plus de 50 % de l'eau de pluie s'écoule dans le réseau hydrographique et n'est donc pas directement recyclée. Quelle quantité de déforestation la forêt pourrait-elle supporter avant que le flux de vapeur d'eau ne soit insuffisant pour soutenir les forêts tropicales humides ou avant que de grandes parties du paysage ne se transforment en savane tropicale ? Les chercheurs projettent que la déforestation conduira au développement de savanes dans l'Est et le Sud de l'Amazonie. Les sécheresses extrêmes de 2005, 2010 et

2015/16 indiquent que le point de basculement semble proche. La déforestation actuelle est alarmante : entre 14 et 15 % du bassin amazonien était déjà défriché en 2010. De 2010 à 2015, le rythme de la déforestation baissa à moins de 1 % sur 5 ans.

Ce cycle fatal cessera-t-il ? Rien ne résiste à l'appétit pantagruélique de l'agro-business. Actuellement, la déforestation s'intensifie à nouveau en Amazonie brésilienne. **Au total, 1,1 Mha de forêt tropicale ont été rasées dans le pays en douze mois, d'août 2019 à juillet 2020, selon l'Institut brésilien de recherches spatiales (5).** Carlos Nobre, célèbre climatologue de l'université de São Paulo a déclaré que si 20 à 25 % de la forêt tropicale humide était abattue, elle pourrait atteindre son point de basculement et que si la mortalité actuelle des arbres se poursuit pendant encore 10 à 15 ans, alors le sud de l'Amazonie se transformera en savane. Le compte à rebours est lancé.

UN POINT DE BASCULEMENT VU EN DIRECT ?

Un point de basculement, ou point de non-retour (le « *tipping point* » des anglo-saxons), est un seuil qui, lorsqu'il est dépassé, peut entraîner de grands changements dans l'état d'un système. Des points de basculement potentiels ont été identifiés dans le système climatique (par exemple, la circulation atlantique et les calottes glaciaires), ou également dans les écosystèmes terrestres comme la forêt amazonienne ou les forêts boréales. C'est en quelque sorte une revisite de la théorie des catastrophes dans laquelle un point de basculement est la valeur d'un paramètre à partir duquel l'ensemble des équilibres changent abruptement (6, 7).

Bien que 2019 n'ait pas été la pire année pour l'Amazonie, c'est l'année où l'ampleur des incendies a retenu notre attention. Les vents apportèrent l'épaisse fumée des incendies jusqu'à São Paulo à plus de 3000 km au sud. Le ciel de l'après-midi s'assombrit et les lampadaires durent être allumés 3 heures plus tôt. Cela alerta la population brésilienne et le monde entier sur la triste réalité de la disparition en cours de l'Amazonie. Dans le monde, beaucoup de forêts se portent mal. Spontanés ou provoqués, les incendies tendent à se multiplier et le réchauffement les rend de plus en plus immaîtrisables. Nous l'avons vu récemment en Californie, en Bolivie, en Équateur, en Indonésie, au Congo, au Mexique - et dans la région méditerranéenne avec plus de 80 morts en Grèce en 2018. Dans les zones tempérées, la santé des arbres tend à décliner, du fait notamment de la répétition des canicules et des sécheresses. Les incendies se sont multipliés jusque dans des régions très septentrio-

nales, en Suède, au Canada, en Russie. Si les émissions de CO₂ continuent d'augmenter, il est certain que les incendies de forêt se multiplieront. Selon le GIEC, pour un réchauffement supérieur à 3 °C à la fin du siècle, la fréquence des incendies augmentera sur plus de 60 % de la surface du globe.

Revenons sur le méga-feu de 18,6 Mha qui dévora l'Australie à partir de juin 2019. Il ne fait aucun doute que cette catastrophe est un résultat du changement climatique et il est fort probable que ces feux apocalyptiques constituent en eux-mêmes un point de basculement, un moment d'accélération de la crise écologique globale. Pour faire bonne mesure, les incendies détruisirent en Russie 3,3 Mha en 2019 et presque 2,6 Mha en Californie et Oregon en 2020. Ces incendies contribuent significativement à l'augmentation du CO₂ atmosphérique. Entre le 1^{er} janvier et le 30 novembre 2019, les émissions de CO₂ dues aux incendies atteignirent 20 % des émissions dues à l'usage des combustibles fossiles. Les feux dégagent de grandes quantités de CO₂, de « *black carbon* » et d'aérosols. Envoyés dans l'atmosphère à haute altitude, ces éléments n'ont pas les mêmes effets sur le climat : le CO₂ et le « *black carbon* » contribuent au réchauffement, tandis que les aérosols ont un effet de refroidissement temporaire, car ils réfléchissent le rayonnement solaire. A terme, l'effet réchauffement l'emporte.

Sur le plan de la biodiversité, les conséquences sont incommensurables. En janvier 2020, une estimation « très prudente » évalua à plus d'un milliard le nombre de grands vertébrés (mammifères, oiseaux et reptiles) ayant péri dans les flammes. Les rescapés auront beaucoup de mal à survivre dans leurs habitats détruits (Fig. 3). La perte s'élèverait à 10 000 des 28 000 koalas restants, soit un tiers de la population en Australie. L'incendie a d'ores et déjà supprimé plusieurs espèces végétales endémiques et certains écosystèmes uniques. Fin 2019, une mission hélicoptérée dans le Parc national Wollemi, en Nouvelle-Galles du Sud, a permis de sauver de l'incendie le dernier refuge des pins de Wollemi (*Wollemia nobilis*), un arbre de la famille des Araucariacées découvert en 1994, considéré comme un arbre fossile existant depuis plus de 200 millions d'années.

Une inconnue majeure est l'impact de cette catastrophe sur la régénération de ces forêts à moyen terme. L'Australie connaît des feux fréquents. Que se passera-t-il avec une augmentation de la fréquence et de l'intensité des feux, mais aussi l'accroissement considérable de la taille des surfaces affectées ? Jusqu'ici les forêts ont résisté et se sont régénérées. Les espèces ligneuses domi-



Fig. 3 : Après le méga-feu en Australie. © Jo-Anne McArthur on Unsplash.

nant des genres *Eucalyptus*, *Hakea* ou *Banksia* sont des pyrophytes qui ont développé des modes d'adaptation pour survivre au feu, par exemple le rejet de souche à partir d'organes souterrains appelés lignotubers pour un grand nombre des 800 espèces d'*Eucalyptus*, ou la sérotinie (le feu favorise la dispersion des graines) pour les *Banksia*. Le réchauffement et la sécheresse risquent de rendre la régénération difficile. Un arbre mature peut résister longtemps à la contrainte hydrique, mais celle-ci rend très problématique la croissance et la survie des jeunes individus poussant sur un sol noirci soumis à des extrêmes de températures sans la protection du couvert forestier.

Sur le plan climatique, *El Niño* et *La Niña* ont une très forte influence sur la variabilité interannuelle du climat. Ils font partie d'un cycle naturel appelé *El Niño* - Oscillation australe, et sont associés à une période de réchauffement (*El Niño*) ou de refroidissement (*La Niña*) dans le Pacifique tropical central et oriental. Les effets potentiels d'*El Niño* sont connus : réduction des précipitations, vague de chaleur, début tardif de la mousson et risque d'incendie accru dans le Sud-Est de l'Australie. Le cycle *El Niño* - Oscillation australe fonctionne de façon lâche sur des périodes allant d'un à huit ans. Une analyse des conséquences des changements climatiques du XX^e siècle sur *El Niño* afin d'anticiper des changements d'intensité du siècle en cours a conclu à l'augmentation des événements extrêmes à l'avenir (8). Les auteurs ont écrit : « Si les changements observés se poursuivent sous l'effet du forçage anthropique futur, des épisodes *El Niño* extrêmes plus fréquents auront de profondes conséquences socio-économiques ». Nous pouvons rajouter sans aucun doute « et écologiques ».

LES SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES CONTRIBUENT-ILS À AMORTIR LA CRISE CLIMATIQUE ?

Le rapport du GIEC de 2018 a écrit : *de nombreux écosystèmes terrestres et océaniques et certains des services qu'ils rendent ont déjà changé*. Que recouvre cette idée de services ? Les écosystèmes fournissent des services qui contribuent au bien-être, à la santé et à nos moyens de subsistance et de survie. Un article *How much are nature's services worth ?* écrit en 1977 pose la question de la valeur de la conservation des écosystèmes pour les services qu'ils fournissent à l'humanité (9). Cette idée de service, à l'interface de la nature et des sociétés, est développée plus tard dans un autre article *The value of the world's ecosystem services and natural capital* (10). Il est popularisé par le *Millennium Ecosystem Assessment*, lancé par l'Onu en 2001, qui a quantifié les interactions entre fonctionnement des écosystèmes et bien-être social et économique. A cette date, il apparaît que 60 % des services sont déjà altérés à l'échelle mondiale alors que 40 % de nos économies reposent sur ces mêmes services. Un rapport de 2010 estime le coût annuel de l'inaction et de la dégradation des services écosystémiques à 7 % du PIB mondial à l'horizon 2050.

L'évaluation économique et parfois marchande de la biodiversité et des services écosystémiques est basée sur une vision anthropocentrée de la nature. Les services ont un caractère contingent, c'est-à-dire que les sociétés n'en bénéficient que si elles se mettent en situation d'en tirer avantage. Nous distinguons :

- ◆ *les services d'approvisionnement* qui correspondent aux produits récoltés, comme la nourriture, les combustibles, les matériaux ou les médicaments de santé humaine et vétérinaire,
- ◆ *les services de régulation* qui sont les avantages intangibles assurés par le bon fonctionnement des écosystèmes, comme la régulation du climat, la régulation des inondations, la pollinisation ou une diminution du risque de pullulation de pathogènes,
- ◆ *les services socioculturels* qui renvoient aux aspects esthétiques, spirituels, récréatifs, éducatifs de la nature,
- ◆ et enfin *les services de soutien ou de support* nécessaires à la production de tous les autres services en assurant le bon fonctionnement de la biosphère.

Ces services incluent les échanges d'énergie et de matière avec l'atmosphère, c'est-à-dire par exemple les cycles de l'eau et du carbone dont nous avons vu l'importance dans la crise climatique. Cette classification est largement adoptée. Il est regrettable que les services de régulation, qui sont difficiles à quantifier et résultent de

processus biophysiques complexes, ne soient souvent pris en compte que de façon marginale.

Grâce à l'idée de services, la conservation de la biodiversité, à l'origine centrée sur la protection des seules espèces végétales et animales, prend en compte de manière semble-t-il plus affirmée les fonctions des écosystèmes. Elle a l'avantage d'élargir le public impliqué dans la conservation de la nature et de mieux associer tous les acteurs d'un territoire en mettant en évidence en quoi chacun, d'une manière ou d'une autre, dépend du maintien des fonctions. Dans un monde idéal, la protection des écosystèmes ne pourrait plus être considérée comme un frein à l'aménagement, mais comme une opportunité de développement durable. Cette idée de service peut être interprétée de multiples façons et peut comporter des dérives comme la marchandisation du vivant ou la spécialisation des territoires. Devant l'évidence de la crise écologique globalisée, peut-on espérer des solutions d'une réduction des rapports société-nature à une vision utilitariste qui est une cause de la crise ?

Deux cas illustrent les limites de l'idée de services pour concilier conservation de la nature et mitigation des changements climatiques. Dans le premier, le Protocole de Kyoto permet aux pays développés de compenser une partie de leurs émissions de CO₂ par des projets de séquestration. Afforestation et reboisement ont été proposés comme un moyen de séquestrer le carbone, d'augmenter l'approvisionnement en bois et en papier, et de diversifier les revenus ruraux. C'est aussi un mécanisme de compensation à faible coût. Il s'agit de planter des arbres dans un pays en voie de développement où le foncier et la main-d'œuvre sont bon marché, les « *Kyoto forests* ». Les forêts de plantation ont à juste titre une image négative. Elles sont généralement considérées comme de mauvaise imitation des forêts naturelles, notamment en termes de résilience, de conservation de la biodiversité, d'approvisionnement en eau potable et d'autres services non ligneux. Souvent, il s'agit de monocultures qui ne semblent pas nous inviter à la promenade ou à faire d'autres usages directs. Il n'est pas surprenant qu'une grande partie de la recherche sur ce changement d'affectation des terres ait été axée sur le seul piégeage et stockage du carbone dans la biomasse et les sols. Cependant, la conversion de prairies ou d'arbustes en plantations affecte d'autres processus écosystémiques et surtout la production d'eau et l'écoulement dans le réseau hydrographique qui se trouvent réduits voire annulés. Le cas des plantations d'*Eucalyptus* (Fig. 4) est assez emblématique des dérives d'un système dans lequel d'un côté, les grands investis-



Fig. 4 : Plantation d'un clone d'*Eucalyptus grandis* provenant de la Suzano Company (São Paulo), à 200 km de São Paulo (Itatinga), Brésil. © Serge Rambal.

seurs boursicotent sur le marché du carbone et de l'autre, des paysans ou des indigènes spoliés de leur terres et privés d'eau potable, comme en Amérique du Sud par exemple, se révoltent.

Le deuxième cas est celui de l'approvisionnement en eau de la métropole du Cap en Afrique du Sud. Cet approvisionnement dépend du bilan hydrologique de ses bassins versants amont couverts de fynbos. Le fynbos est une formation végétale buissonnante caractéristique de la province du Cap, limitée à une mince zone côtière et montagneuse au climat méditerranéen. Il est considéré comme un des points chauds « *hot spot* » de biodiversité à l'échelle du globe (Fig. 5). La flore comprend 8574 espèces de plantes vasculaires dont 68,2 % sont des endémiques. Avec parmi les nombreuses proteacées, la Protée géante (*Protea cynaroides*) qui est l'un des symboles de l'Afrique du Sud. Des arbres ont été introduits pour fournir une source de bois à croissance rapide dans des paysages qui en sont dépourvus, pour servir de haies, pour empêcher les dunes de se déplacer le long de la côte, ou comme plantes ornementales. Les introductions ont commencé avec la colonisation européenne au milieu du XVII^e siècle et ont pris de l'ampleur au début du XIX^e. Une quinzaine espèces d'origine australienne (*Acacia*, *Eucalyptus* et *Hakea*), européenne et américaine (*Pinus* et *Prosopis*) sont responsables de 90 % du problème. Les conséquences hydrologiques et écologiques sont considérables : réduction significative de la ressource en eau, sévérité des risques d'incendie à cause de l'accumulation de biomasse, diminution des revenus de l'écotourisme et des récoltes de fleurs coupées. Le choix a été fait d'éliminer ces espèces invasives qui pourtant immobilisent du carbone. Son coût est estimé à environ 2 milliards d'USD, soit environ 100 millions



Fig. 5 : Paysage de fynbos de São Paulo (Itatinga) Brésil. © Joachim Huber, Creative Commons.

USD par an pendant 20 ans. Les travaux ont commencé depuis quelques années.

Ces deux exemples illustrent la multifonctionnalité des écosystèmes et l'interdépendance entre leurs services, mais aussi la nécessité des compromis. Idéalement, l'exploitation de l'ensemble des services fournis par un écosystème et non pas la « maximisation » de quelques services intéressants au niveau économique est indispensable à la préservation de la biodiversité. Mais le monde réel est tout autre. Deux grandes plateformes sont engagées dans la lutte contre les changements climatiques. D'un côté, le GIEC qui alarme depuis longtemps sur les changements climatiques et sur la nécessité de réduire et de séquestrer nos émissions de CO₂, de l'autre, l'*Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services* (IPBES) qui simultanément observe une érosion inquiétante de la biodiversité et une altération des services écosystémiques. Il ne faut pas voir entre le GIEC et l'IPBES un hiatus épistémologique mais deux façons de nous alerter sur l'imminence de la crise climatique. Les solutions qu'elles proposent s'appliquent à des échelles d'espace contrastées : globale vs locale mais dans l'urgence pour les deux.

RÉFÉRENCES

- 1) Allard V *et al.* (2008) Seasonal and annual variation of carbon exchange in an evergreen Mediterranean forest in southern France. *Global Change Biology* 14 : 714-725.
- (2) Odum HT (1953) *Fundamentals of ecology*. WB Saunders Company. Philadelphia.
- (3) Holling CS (1973) Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecology and Systematics* 4 : 1-23.
- (4) Hubau W *et al.* (2020) Asynchronous carbon sink saturation in African and Amazonian tropical forests. *Nature* 579 : 80-87.
- (5) <http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes>.
- (6) Thom R (1972) *Stabilité structurelle et morphogénèse - Essai d'une théorie générale des modèles*. WA Benjamin Inc., Advanced Book Program, Reading, Massachusetts.
- (7) Zeeman EC (1976) Catastrophe theory. *Scientific American* 234 : 65-83.
- (8) Wang B *et al.* (2019) Historical change of El Niño properties sheds light on future changes of extreme El Niño. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 116 : 22512-22517.
- (9) Westman WE (1977) How much are nature's services worth? *Science* 197 : 960-964.
- (10) Costanza R *et al.* (1997) The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387 : 253-260.

L'état de la biodiversité a un effet direct sur nos vies



Anne Larigauderie, docteur en écologie (université de Montpellier, 1985), a effectué ses recherches sur l'impact du changement climatique sur l'écophysiologie des plantes jusqu'en 1992 aux États-Unis, puis sur l'acclimatation des plantes à l'élévation des températures à l'université de Bâle (Suisse, 1993-1995). Elle devient coordinatrice du Swiss Priority Programme sur la biodiversité en 1996, et responsable des sciences de l'environnement à l'International Council for Science en 1999. En 2002 elle est nommée directrice exécutive de recherche DIVERSITAS et reçoit le titre de chevalier de la Légion d'honneur en 2010. Depuis 2014 elle est secrétaire exécutive de la Plateforme intergouvernementale sur la biodiversité et les services écosystémiques (IPBES).

Résumé : Dans un contexte de dégradation continue des écosystèmes terrestres et marins, la France a accueilli en 2019 la 7^e session de l'IPBES pour valider « l'Évaluation mondiale de la biodiversité et des services écosystémiques ». Cette évaluation rend compte de l'érosion accélérée de la biodiversité affectant directement notre bien-être et notre santé. Plus d'un quart des espèces sont menacées d'extinction parmi les groupes de vertébrés, d'invertébrés et de plantes terrestres, marines et d'eau douce. Cette évaluation est le fruit de trois ans de travail de 150 chercheurs. Elle prend en compte les savoirs des peuples autochtones qui occupent 28 % de la surface terrestre. Toutefois, la convergence des objectifs avec l'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) laisse à voir des discordances sur les modes d'action. Au final, le peu de développement des progrès et leur lenteur ne conduisent pas à un optimisme démesuré.

L'érosion de la biodiversité est une crise écologique qui implique l'extinction d'espèces végétales ou animales dans le monde entier, ainsi que la réduction des fonctions voire la disparition d'écosystèmes. L'érosion de la biodiversité ne se résume pas à l'extinction d'espèces exotiques dans des pays lointains. L'érosion de la biodiversité affecte directement notre bien-être, en nous privant des services qu'une nature en bon état nous fournit gratuitement. Par exemple, 35 % de la production mondiale de nourriture provient de cultures qui dépendent au moins en partie de la pollinisation zoogame, c'est-à-dire assurée par les oiseaux, les insectes, etc. La quasi-totalité des fruits et légumes sont concernés, et certaines productions de graines – cafés ou amandes en particulier – en dépendent totalement. La disparition des pollinisateurs affecte donc nos ressources alimentaires. La valeur annuelle de la production agricole mondiale menacée par la disparition des pollinisateurs se situe entre 235 et 577 milliards d'USD.

Autre exemple : la disparition de certaines forêts, et de leur capacité à filtrer l'eau par leur système racinaire, dégrade la qualité de l'eau des bassins versants situés en aval. En lieu et place de ces services gratuits, nous devons construire des usines de traitement qui coûtent cher à la société !

Dans un tel contexte, la France a accueilli la 7^e session plénière de l'IPBES du 29 avril au 4 mai 2019, à Paris. Cette session présentait un enjeu particulier : la validation d'un document-phare de la plateforme, l'Évaluation mondiale de la biodiversité et des services écosystémiques. Il s'agit de l'un des documents de référence pour l'élaboration du futur cadre mondial pour la biodiversité post-2020. C'est un travail qui a nécessité trois années de travail ; 15 000 références bibliographiques ont été analysées par 150 chercheurs de 50 pays en écologie ou en sciences sociales – épaulé par plus de 300 experts. Ce travail est destiné à fournir une interface légitime, reconnue et visible aux scientifiques pour interpeller les décideurs.

Dans cet article, nous ferons un rapide survol de l'état des lieux pour la biodiversité, l'alimentation et l'agriculture, les océans, la pêche et les zones humides, la forêt et la santé. Puis, nous mettrons en évidence les convergences et divergences entre la démarche de l'IPBES et celle de l'autre grande plateforme l'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Nous verrons la nécessaire prise en compte des savoirs des peuples autochtones et des communautés locales qui occupent et gèrent plus d'un quart de la surface terrestre. Finalement, nous constaterons combien le chemin est long pour « améliorer l'état de la biodiversité en sauvegardant les écosystèmes, les espèces et la diversité génétique » mais que des initiatives multiformes, individuelles ou collectives,

locales ou globales, laissent à penser que de bonnes trajectoires sont possibles.

AMPLEUR DE LA PERTE DE LA NATURE

Pour les écosystèmes terrestres, le principal facteur de dégradation des habitats naturels est l'utilisation des terres. Il s'agit de la suppression de tout ou partie d'un écosystème naturel pour agrandir une ville, pour construire un centre commercial ou pour mettre des terres en culture. Pour les écosystèmes marins, ce sont les pêcheries non durables. Le deuxième facteur, tant sur terre que sur mer, est le changement climatique. Des projections montrent qu'il sera prédominant d'ici peu de décennies. Ensuite, il y a la pollution de l'air, des eaux et des sols et enfin, les espèces envahissantes, qui, dans certaines parties du monde, éradiquent les espèces natives (depuis 1970, 70 % d'augmentation du nombre d'espèces exotiques envahissantes dans 21 pays disposant de registres détaillés). Sans vouloir trop alourdir ce texte par des chiffres, il est utile de faire un rapide survol de cet état des lieux afin d'illustrer le propos et de sensibiliser à la catastrophe que nous sommes en train de vivre. Tous les thèmes de l'évaluation sont détaillés dans le rapport IPBES de 1500 pages (1).

Biodiversité : A ce jour, les trois quarts de l'environnement terrestre sont « gravement altérés » par les actions humaines et 40 % de l'environnement marin. Plus du quart des espèces sont menacées d'extinction parmi les groupes de vertébrés, d'invertébrés et de plantes terrestres, d'eau douce et marines qui ont été étudiés de manière suffisamment détaillée (Fig. 1). Environ 10 %



Fig. 1 : 40 % des espèces d'amphibiens sont menacées d'extinction. Le crapaud doré (Incilius periglenes), présent dans des forêts tropicales humides, a été un des premiers indicateurs du déclin de ces populations. Il est présentement considéré comme éteint. © U.S. Fish and Wildlife Service Creative common by-sa 2.0.

des 5,9 millions d'espèces terrestres ont un habitat insuffisant pour assurer leur survie à long terme sans restauration de leur habitat. L'aire de répartition de 47 % des mammifères terrestres et de 23 % des oiseaux est en train de subir l'impact négatif du changement climatique.

Alimentation et agriculture : Pour assurer le triplement de la production de cultures vivrières depuis 1970, 33 % de la surface terrestre mondiale et 75 % des ressources en eau douce sont consacrées à la production végétale ou animale. Dans ce contexte, retenons que 23 % de ces zones ont connu une réduction de la productivité agricole en raison de la dégradation des sols. Parallèlement, nous estimons pour l'année 2015 à 100 milliards d'USD le montant du soutien financier accordé par les pays de l'OCDE à une agriculture potentiellement nuisible à l'environnement. Toutefois, 30 % de la production végétale mondiale et de l'approvisionnement alimentaire mondial sont assurés par de petites exploitations de moins de 2 ha, utilisant 25 % des terres agricoles, et maintenant en général une riche agrobiodiversité.

Océans, pêche et zones humides : En 2015, 55 % de la superficie des océans sont exploités par la pêche industrielle et un tiers des stocks de poissons marins sont prélevés à des niveaux non durables. La diminution de la biomasse de poissons projetée pour la fin du siècle dans les scénarios de réchauffement climatique élevé (mais probable) est de 25 %. Toutefois face à cette pêche industrielle, près de 50 % des prises mondiales de poissons proviennent des pêcheries à petite échelle au sein desquelles travaillent plus de 30 millions de personnes. Plus de 85 % des zones humides présentes en 1700 avaient disparu en 2000. Leur taux de disparition est actuellement trois fois plus élevé que celui des forêts. Les zones mortes d'écosystèmes côtiers en hypoxie (faible teneur en oxygène) causées par les engrais sont estimées à 245 millions d'hectares. Près de 33 % des coraux formant des récifs, des requins et des espèces apparentées, et des mammifères marins sont menacés d'extinction. La diminution de l'étendue des prairies sous-marines entre 1970 et 2000 est supérieure à 10 % par décennie.

Forêts : Le taux de l'expansion agricole dans les écosystèmes peu anthropisés varie d'un pays à l'autre. Les pertes se sont produites principalement dans les régions tropicales, qui abritent les plus hauts niveaux de biodiversité de la planète. Par exemple, 100 millions d'hectares de forêt tropicale ont disparu entre 1980 et 2000, principalement à cause de l'élevage bovin en Amérique latine (environ 42 millions d'hectares) et des plantations en Asie du Sud-Est (environ 7,5 millions d'hectares, dont 80 % pour l'huile de palme, utilisée principalement dans

l'alimentation, les cosmétiques, les produits de nettoyage et les carburants (Fig. 2), entre autres. Entre 1990 et 2015, en raison du défrichage et de la récolte du bois, 290 millions d'hectares de la couverture forestière indigène ont été perdus. Notons que 2 milliards de personnes dépendent du bois pour satisfaire leurs besoins énergétiques primaires.



Fig. 2 : Défrichage massif des forêts tropicales en Indonésie. En transition vers des plantations de palmiers à huile. ©Aidenvironment Creative common by-sa 2.0.

Santé : 17 % des maladies infectieuses sont propagées par des vecteurs animaux, causant plus de 700 000 morts par an. Les liens entre biodiversité et santé sont avérés. La conversion de certains écosystèmes naturels en écosystèmes dominés par l'homme accroît le risque de contracter certaines maladies. C'est typiquement le cas de la fièvre à virus Ebola. 4 milliards de personnes dépendent principalement de médicaments naturels. 70 % des médicaments contre le cancer sont des produits naturels ou synthétiques bio-inspirés. 40 % de la population mondiale n'a pas accès à une eau potable propre et sûre et plus de 80 % des eaux usées sont rejetées dans le milieu sans traitement. La pollution par les plastiques a été multipliée par 10 depuis 1980 (Fig. 3).

IPBES VS IPCC : CONVERGENCE DES OBJECTIFS ET DES MÉTHODES

En 2000, un rapport sur l'évaluation des écosystèmes pour le millénaire est commandé par Kofi Annan, secrétaire général de l'Onu. En 2005, c'est la première fois que la communauté scientifique sur la biodiversité produisait une synthèse de connaissances, le résultat de quatre ans d'effort par plus de 1360 chercheurs de 95 pays (2). Une évaluation similaire à celles produites par les experts de l'IPCC créé en 1988. Mais cette évaluation n'impliquait que des scientifiques, alors que l'IPCC s'inscrit dans un cadre intergouvernemental. C'est le « bras scientifique » de la Convention-cadre des Nations unies sur les change-



Fig. 3 : Pollution de la plage de Kuta beach à Bali (Indonésie). © Maxim Blinkov/Shutterstock.com

ments climatiques, adoptée lors du Sommet de la Terre, à Rio en 1992 (3). Les gouvernements en votent les conclusions et s'engagent à agir. Face à la dégradation continue des écosystèmes, la mise en place d'une structure pérenne qui serve de « bras scientifique » à la Convention sur la diversité biologique, elle aussi adoptée lors du Sommet de Rio, apparaissait nécessaire. L'IPBES fut créé le 21 avril 2012, par 94 gouvernements.

L'objectif principal est de synthétiser et d'évaluer, en y associant un degré de confiance, l'état des connaissances scientifiques. En parallèle, des actions sont menées pour renforcer les interfaces entre science et politique, afin que cette expertise scientifique soit davantage mise à profit par les décideurs. L'IPBES a entrepris de répertorier, sur un site web dédié, les approches mises en place dans le monde par des acteurs de terrain, en indiquant leur efficacité. L'objectif est de rendre ces initiatives visibles, pour que d'autres puissent les appliquer. De même, les principales lacunes concernant la nature ou la qualité des données disponibles ont été identifiées. Ces lacunes qui peuvent être considérées comme des priorités scientifiques sont portées à la connaissance des structures de recherche.

Toutefois, la convergence des objectifs entre les deux plateformes peut laisser apparaître des divergences sur les modes d'action. Dans les modalités de lutte contre le changement climatique et afin de maintenir le réchauffement global à 1,5° C, un des scénarios de l'IPCC est la plantation à grande échelle des cultures pour produire des agrocarburants se substituant aux énergies fossiles. Les surfaces dédiées à ces cultures pourraient atteindre 7 millions de kilomètres carrés (un carré de plus de 2650 km de côté). C'est énorme. Et comme il est de plus en plus difficile de trouver des terres arables disponibles, cela conduirait à détruire des écosystèmes naturels et à

déforester, ce qui serait dévastateur pour la biodiversité. Il faut absolument faire le lien entre toutes ces thématiques lors de l'élaboration des politiques publiques.

PEUPLES AUTOCHTONES, COMMUNAUTÉS LOCALES ET NATURE

28 % de la surface terrestre est traditionnellement détenue, gérée, utilisée ou occupée par les peuples autochtones. Ces espaces comprennent environ 40 % des zones officiellement protégées et 37 % de toutes les zones terrestres restantes dans lesquelles l'intervention humaine est encore très faible. La nature gérée par les populations autochtones et les communautés locales est soumise à une pression croissante, mais son déclin est généralement moins rapide que dans d'autres régions, même si 72 % des indicateurs locaux élaborés et utilisés par ces populations autochtones et ces communautés locales montrent la détérioration de la nature à la source de leurs moyens de subsistance. Les zones du monde qui, selon les projections, subiront le plus la sévérité des changements climatiques, l'érosion de la biodiversité et l'altération du fonctionnement des écosystèmes et des services qui en découlent sont également des régions dans lesquelles résident de grandes concentrations de peuples autochtones et de nombreuses communautés parmi les plus pauvres du monde.

Les scénarios régionaux et mondiaux manquent actuellement d'une prise en compte explicite des points de vue, des perspectives et des droits des peuples autochtones et des communautés locales, de leurs connaissances et de leur compréhension de leurs environnements, ainsi que des voies de développement qu'ils souhaitent suivre pour le futur. La reconnaissance des savoirs, des innovations et des pratiques, des institutions et des valeurs des peuples autochtones et des communautés locales, ainsi que leur inclusion et leur participation à la gouvernance environnementale, améliorent souvent qualité de vie et conservation, restauration et utilisation durable de la nature. Leurs contributions positives à la durabilité peuvent être facilitées par la reconnaissance de droits fonciers, l'application du consentement libre, préalable et éclairé, et l'amélioration de la collaboration, du partage juste et équitable des avantages découlant de l'utilisation des ressources et des accords de cogestion avec les communautés locales.

Les connaissances et les savoir-faire développés par les peuples autochtones et les détenteurs de savoirs locaux - par exemple en agroécologie - sont très vite apparus comme une composante nécessaire, pour mieux comprendre le fonctionnement des écosystèmes et pour fournir des pistes de gestion (Fig. 4). Toutefois, contrairement

aux connaissances scientifiques, ces savoirs sont rarement l'objet de publications. Pour les recueillir, l'IPBES a défini une approche qui implique, d'une part, les détenteurs de ces savoirs, rencontrés au sein du Forum permanent des Nations Unies sur les questions autochtones, ou lors d'ateliers de travail avec des porteurs de savoirs locaux et les chercheurs du monde académique qui travaillent sur ces questions. Cette approche a été mise en œuvre dès le premier rapport d'évaluation de l'IPBES, consacré aux pollinisateurs et publié en 2016 (4).



Fig. 4 : Vente directe de Quinoa Real par des petits producteurs de l'altiplano bolivien. Depuis 40 ans, la dynamique sociale et territoriale mise en place par les communautés paysannes s'attache à garder un certain contrôle sur la globalisation du marché du quinoa tout en valorisant sa diversité génétique. Quinoa Real est en effet le nom générique d'une quarantaine de variétés locales adaptées aux Andes arides. © IRD – Anais Vassas Toral (www.indigo.ird.fr).

PEU DE PROGRÈS MAIS DES LUEURS D'ESPOIR

Lors de cette dernière session, à Paris, les vingt objectifs dits d'Aichi (5) d'octobre 2010 ont été évalués. Ces objectifs constituaient le « Plan stratégique pour la diversité biologique 2011-2020 pour la planète ». Ils inscrivait cinq grands objectifs sociétaux et environnementaux, dont « réduire les pressions directes exercées sur la biodiversité et encourager son utilisation durable » et « améliorer l'état de la biodiversité en sauvegardant les écosystèmes, les espèces et la diversité génétique ». Le constat est que, malheureusement, quasiment aucun de ces objectifs ne sera atteint sur la base des trajectoires actuelles. Nous en sommes même très loin. Seul des scénarios de « changement transformateur » permettraient de les inverser. Dans le cas contraire, les tendances néga-

tives sur la nature, les fonctions des écosystèmes et les nombreuses contributions de la nature à l'homme se poursuivront jusqu'en 2050 et au-delà, en raison des impacts prévus de l'intensification des changements d'utilisation des terres, des prélèvements dans la mer et du changement climatique.

Tout n'est pas perdu. Les actions politiques et les initiatives sociétales contribuent à sensibiliser à l'impact de la consommation sur la nature, à protéger les environnements locaux, à promouvoir des économies locales durables et à restaurer les zones dégradées. Elles sont en train de contribuer à étendre et à renforcer le réseau actuel de zones protégées écologiquement représentatives et bien connectées, ainsi que d'autres mesures efficaces de conservation par zone, la protection des bassins versants et les incitations et sanctions pour réduire la pollution. De ces faits, il y a quelques points verts dans un océan de rouge, au cas par cas, mais qui prouvent qu'il est possible d'agir. Grâce à la mise en place de politiques de gestion plus durables de la pêche, le pourcentage de stocks de poissons surexploités dans les eaux atlantiques et baltiques de l'Union européenne est passé de 94 % en 2007 à 41 % en 2014. De même, le rythme de la perte d'habitats naturels a ralenti en Europe centrale et occidentale, grâce à la mise en œuvre de mesures de conservation contraignante. Plus généralement, les aires protégées, tant terrestres que

marines, augmentent. Cela dit, comme les espèces migrent en raison du changement climatique, il est tout à fait possible que d'ici 2050, ces aires protégées ne remplissent plus leurs fonctions ! En France, une charte mêlant engagements collectifs et individuels en faveur de la biodiversité a été signée en 2018 par 65 grandes entreprises. La démarche est très encourageante car elle concerne des secteurs d'activité très divers : cosmétique, agroalimentaire, énergie, construction, finance, ou encore tourisme. Ce sont de toutes nouvelles réflexions qui s'engagent. Une synergie proactive entre recherche, développement et grand public pourrait être la source des changements transformateurs attendus.

REMERCIEMENTS

Ce texte doit beaucoup à l'amicale complicité de Serge Rambal.

RÉFÉRENCES

- 1) <https://ipbes.net/global-assessment>
- 2) <https://www.millenniumassessment.org/fr/Reports.html>
- 3) <https://www.ipcc.ch/languages-2/francais/>
- 4) https://www.ipbes.net/sites/default/files/downloads/pdf/individual_chapters_pollination_20170305.pdf
- 5) <http://mg.chm-cbd.net/objectifs-d-aichi>

L'écologie participative



Isabelle Chuine, médaille d'Argent CNRS 2020, est membre élue de l'Académie des sciences et de l'Académie d'agriculture. Elle est directrice de recherches CNRS au Centre d'écologie fonctionnelle et évolutive (CEFE) à Montpellier où elle mène des recherches à l'interface entre l'écologie fonctionnelle et l'écologie évolutive pour étudier l'impact du changement climatique sur les arbres forestiers. Isabelle Chuine développe notamment des modèles écophysologiques permettant de prédire la répartition géographique des espèces en réponse au changement climatique. Elle est responsable scientifique du programme l'Observatoire des Saisons (ODS), animé au niveau national par l'association Tela Botanica, le réseau des botanistes francophones.

Résumé : La préoccupation des citoyens à l'égard des problèmes environnementaux s'accroît d'année en année. Parmi ceux-ci, le changement climatique a tendance à prendre une part de plus en plus importante dans les débats publics, comme il prend de plus en plus d'importance dans la recherche publique. Les initiatives citoyennes pour promouvoir des activités humaines plus respectueuses de l'environnement se multiplient. La recherche publique se doit d'accompagner ces initiatives pour guider les citoyens vers les solutions les plus appropriées selon les contextes. La recherche participative en écologie peut représenter un des moyens d'accompagnement.

LE CHANGEMENT CLIMATIQUE POURRAIT DEVENIR LA PREMIÈRE CAUSE D'EXTINCTION DES ESPÈCES D'ICI LE SIÈCLE PROCHAIN

Les causes principales de dégradation de notre environnement, c'est-à-dire perte de biodiversité et altération du fonctionnement des écosystèmes, étaient jusqu'ici surtout liées à sa surexploitation et sa pollution par l'homme. Cependant les craintes que le changement climatique en devienne la cause principale d'ici le siècle prochain augmentent dans la communauté scientifique. Les impacts des activités humaines sur l'environnement sont multiples, et il est difficile de faire la part de chacune, même dans les régions où l'homme est peu présent localement, tant son empreinte écologique est maintenant globale. Néanmoins, nous pouvons affirmer que le changement climatique qui a eu lieu au cours du XX^e siècle a déjà profondément affecté notre environnement et les espèces qu'il abrite.

Parmi les effets les plus importants du changement climatique sur les êtres vivants, nous pouvons citer un changement des rythmes biologiques saisonniers d'une très grande majorité d'espèces animales et végétales.

Le « printemps biologique » arrive de plus en plus tôt (-2,5 jours/décennies entre 1950 et 2000) : les bourgeons éclatent plus tôt, les fleurs apparaissent plus tôt, les animaux se reproduisent plus tôt, etc. En revanche, « l'automne biologique » arrive de plus en plus tard (+1,5 jours/décennies entre 1950 et 2000) : les feuilles se colorent plus tard, les moustiques restent actifs plus tard, etc. Une autre conséquence du changement climatique sur les êtres vivants, qui est liée à la précédente, est un changement de leur répartition géographique : de nombreuses espèces sont en train de fuir vers les sommets des montagnes et vers les pôles, c'est-à-dire les régions froides, alors que les populations les plus méridionales sont en train de dépérir et de disparaître. La raison principale de ces changements qui affectent profondément les êtres vivants est simplement que la plupart des êtres vivants ne peuvent tolérer qu'une certaine gamme de températures. Par le jeu de la sélection naturelle, les espèces vivant actuellement sur Terre se sont adaptées localement aux conditions de température qui ont prévalu au cours des derniers siècles et millénaires. Leur physiologie et notamment leur tolérance à la température sont donc étroitement adaptées à ces conditions.

Si ces conditions climatiques changent, les espèces vont se déplacer pour essayer de suivre les conditions qui permettent leur survie et qui ne se rencontreront plus aux mêmes endroits qu'auparavant. Leur succès à suivre leur niche climatique dépendra essentiellement de leur capacité à migrer dans l'espace et des éventuels obstacles à leur migration. Les capacités de migration des espèces seront d'autant plus importantes lorsque la sélection naturelle¹ (1), qui permet une adaptation génétique à de nouvelles conditions climatiques, sera trop lente relativement à la vitesse de changement du climat. Cette sélection naturelle sera beaucoup plus efficace chez les espèces

qui produisent beaucoup de générations par an, comme le moustique par exemple, que chez les espèces qui se reproduisent très tardivement et ne font pas de descendants chaque année, comme les arbres forestiers par exemple. Elle sera également d'autant plus efficace que les tailles des populations sont grandes et que la diversité génétique au sein des populations est grande.

L'URGENCE ÉCOLOGIQUE A SONNÉ. DÉMOCRATISONS L'ÉCOLOGIE SCIENTIFIQUE !

Devant l'urgence de la situation, les écologues essaient de mobiliser leurs concitoyens pour les aider à collecter de l'information au travers de programmes de sciences participatives. Les programmes de sciences participatives en écologie invitent en général le grand public à réaliser des observations sur leur environnement et la biodiversité qu'il abrite. Ces observations sont ensuite stockées dans des bases de données grâce à des outils de saisie en ligne. Elles sont ensuite analysées, la plupart du temps par des chercheurs, pour répondre à des questions de recherche.

La science participative, encore appelée science citoyenne, a plusieurs définitions selon les auteurs, la plus simple étant une « participation du grand public à la recherche scientifique » (2). Le rapport Houllier de la mission Sciences participatives (3) la définit comme « des formes de production de connaissances scientifiques auxquelles des acteurs non-scientifiques-professionnels - qu'il s'agisse d'individus ou de groupes - participent de façon active et délibérée ». La *Citizen Science Association* (www.citizenscience.org/) donne une définition un peu différente, introduisant le fait que la science participative doit être encadrée par des chercheurs : « Travail scientifique entrepris par les membres du public, souvent en collaboration avec ou sous la direction de scientifiques professionnels et d'institutions scientifiques ».

Les sciences participatives concernent un très grand nombre de sujets et disciplines, depuis l'astrophysique à la biodiversité en passant par la santé humaine. Elles ont connu un essor sans précédent au cours des dix dernières années, bien que certains programmes existent depuis très longtemps comme le programme STOC (Suivi temporel des oiseaux communs : crbpo.mnhn.fr/spip.php?article41) en France ou *Nature's calendar* en Angleterre.

L'OBSERVATOIRE DES SAISONS, UN PROGRAMME DE SCIENCE PARTICIPATIVE

L'Observatoire des Saisons (www.obs-saisons.fr) est un



Débourrement (1), floraison (2), maturation des fruits (3) sont des événements phénologiques observés par l'Observatoire des Saisons. Sources photos respectivement : Thierry Genevet, Jacques Roy, Isabelle Chuine.

programme de science participative qui propose au grand public de consigner les dates d'apparition d'un certain nombre d'événements saisonniers pour une liste d'espèces prédéfinie. L'étude de ces événements saisonniers s'appelle la phénologie, étymologiquement, la science de ce qui apparaît. Ce qui apparaît est appelé un événement phénologique. Cela peut être par exemple la floraison, l'éclosion des bourgeons, l'éclosion des œufs, la coloration des feuilles, le retour de migration, la sortie d'hibernation, etc. Les dates d'occurrence de ces événements phénologiques sont étroitement liées aux conditions de température, mais aussi de lumière et d'humidité du sol qui varient selon les saisons.

Plus d'une soixantaine d'espèces sont proposées à l'observation dans le programme de l'Observatoire des Saisons, la plupart sont des arbres forestiers (par exemple chêne, bouleau), fruitiers (par exemple pommier, cerisier) et d'ornement (par exemple marronnier, lilas), mais aussi des plantes herbacées (par exemple primevère, coucou, coquelicot), des oiseaux (par exemple coucou, hirondelle), des amphibiens et reptiles (par exemple crapaud commun, lézard des murailles). Les événements qui sont surveillés chaque année dans toute la France sont pour les plantes l'apparition des nouvelles feuilles (débourrement), des fleurs (floraison), des fruits matures (Photos 1, 2, 3 page 18) et la coloration des feuilles chez les arbres, ainsi que la première apparition chez les ani-

maux qui correspond selon les espèces au retour de migration ou à la période de reproduction.



L'Observatoire des Saisons a été co-fondé par le CNRS et l'association *Tela Botanica* (www.tela-botanica.org), qui anime le programme depuis plus de 10 ans avec l'aide des chercheurs. Il travaille en étroite collaboration avec le CREA Mont-Blanc (creamontblanc.org/fr) qui anime un programme similaire dans les régions de montagne, le programme Phenoclim (phenoclim.org/fr). L'Observatoire des Saisons et phenoclim permettent de collecter chaque année plus de 4000 observations d'espèces faites par des citoyens, petits et grands, sur l'ensemble de la France, ce qui est plus du double des observations que peuvent faire les chercheurs en moyenne.

Le programme a également pour objectif d'informer le grand public sur le changement climatique et ses impacts, de former à la démarche scientifique et de sensibiliser les jeunes aux indicateurs biologiques des variations du climat. Outre les ressources pédagogiques, les actualités scientifiques et dossiers thématiques consultables en ligne, le programme développe actuellement des outils numériques en ligne qui permettront aux participants d'analyser eux-mêmes les données collectées et de produire de la connaissance qui soit utile pour la gestion de leur territoire.

Les chercheurs associés à l'Observatoire des saisons (SOERE TEMPO : <https://tempo.pheno.fr/>) travaillent dans des domaines très variés des sciences de l'environnement : foresterie, agronomie, écologie, géosciences et ont des méthodes d'investigation qui vont de l'imagerie satellite à l'expression des gènes. Pourtant, tous ont besoin pour répondre à leurs questions de recherche de données phénologiques. Ces questions sont aussi fondamentales que « qu'est-ce qui détermine la date de sortie de dormance hivernale des bourgeons ? » à des questions aussi appliquées que « quelles variétés de cerisier pourra-t-on cultiver en France en 2100 ? ».

Les données collectées commencent à produire de la connaissance aussi bien fondamentale que plus appliquée. Elles sont notamment diffusées en données ouvertes à l'ensemble de



Le mélèze d'Europe, le guêpier d'Europe et le coquelicot sont trois espèces qu'on peut observer dans l'Observatoire des Saisons. Sources photos respectivement : CREA, Marc Thibault, Marc Bonhomme.



Interventions de l'Observatoire des Saisons auprès du jeune public. Sources photos : Bénédicte Martin.

la communauté scientifique et au-delà sur le portail de données du SOERE TEMPO (<https://data.pheno.fr/>). Elles ont servi à l'édition d'un guide naturaliste dédié à la phénologie (4) pour caractériser de façon très précise les périodes d'activité de croissance et de reproduction de près de quatre-vingt espèces de plantes. Elles ont également permis de mettre en évidence que le réchauffement de l'hiver avait ralenti l'avancement de la reprise d'activité au printemps dû au réchauffement du printemps (5), et le développement de modèles prédictifs des rythmes saisonniers des espèces dans le climat futur (6).

L'Observatoire des Saisons et phenoclim ont maintenant plus de dix années d'existence, et leurs membres sont plus actifs que jamais. Le nombre de lectures des dossiers thématiques et des actualités est en constante augmentation. Le double objectif scientifique et pédagogique de ces programmes est donc atteint. Mais il s'agit ici d'un objectif qui doit s'inscrire dans la durée, alors rejoignez-nous !

RÉFÉRENCES

- (1) Darwin C (1906) *L'origine des espèces* (traduction Edmond Barbier). Librairie C. Reinwald, Schleicher Frères éditeur, Paris, 604 pages.
 (2) Blangy S *et al.* (2018) Au-delà de la collecte des données dans les projets de sciences citoyennes : ouvrir le

champ de l'analyse et de l'interprétation des données aux citoyens. Technologie et innovation, *ISTE OpenScience* : 18-3.

(3) Houllier F, Merilhou-Goudard J-B (2016) *Les sciences participatives en France : Etats des lieux, bonnes pratiques et recommandations*. 63 p. (hal-02801940).

(4) Badeau V *et al.* (2017) *Les plantes au rythme des saisons*. Ed Biotope. 336 pages.

(5) Asse D *et al.* (2018) Warmer winters reduce the advance of tree spring phenology induced by warmer springs in the Alps. *Agricultural and Forest Meteorology* 252 : 220–230.

(6) Asse D *et al.* (2020) Process-based models outcompete correlative models in projecting spring phenology of trees in a future warmer climate. *Agriculture and Forest Meteorology* 285-286 : 107931.

NOTE

¹ La sélection naturelle, au sens darwinien (1) du terme, fait référence au processus de sélection de gènes avantageux d'une génération à l'autre par le fait qu'ils confèrent aux individus qui les portent une meilleure survie et/ou une plus grande fécondité que les autres. Ces individus laissent ainsi davantage de descendants qui ont tendance à porter eux aussi ces gènes avantageux. Ces gènes se répandent ainsi peu à peu au fil des générations dans l'ensemble de la population.

To bee or not to bee, l'exemple édifiant des insecticides néonicotinoïdes



Jean-Marc Bonmatin est chercheur au Centre de biophysique moléculaire (CBM) du CNRS à Orléans depuis 1989, après une thèse de chimie-physique en 1987 puis un post-doctorat au Canada. Il a d'abord établi par RMN les relations structure-activité de nouveaux peptides antibiotiques naturels (surfactines, défensines) et de toxines (scorpions et insectes). Il a dirigé le service des contrats de la DR8 en 1996/97, puis est revenu au CBM pour des recherches dans le cadre de programmes européens sur les pesticides et sur leurs impacts sur les abeilles. En 2010, il co-crée la Task Force on Systemic Pesticides (TFSP), un réseau d'une soixantaine de scientifiques indépendants et volontaires sur 25 pays, dont il est vice-président. Il est expert pour plusieurs organismes nationaux (Ministère de l'agriculture, ANSES, Institut de l'abeille) et internationaux (IUCN, OCDE, IPBES) avec un domaine de compétences élargi à la biodiversité et la santé publique.

Résumé : Travaillant sur les pesticides neurotoxiques depuis plus de 20 ans, d'années en années, en tirant le fil des découvertes successives, le constat est devenu alarmant. Tout a commencé en 1995 lorsque les apiculteurs ont sonné les premières alertes : les abeilles disparaissaient. Aujourd'hui, le désastre est devenu mondial. Il concerne tout l'environnement (sols, plantes, eaux, air), la pyramide de biodiversité et notre santé. D'abord, sans abeilles, pas de pollinisation. Et sans pollinisation, ni fleurs ni cultures. L'ensemble des pollinisateurs de la planète s'effondre, à commencer par les abeilles (mellifères et sauvages) et les papillons. Sur le banc des accusés se trouvent des insecticides neurotoxiques. Les nouveaux insecticides néonicotinoïdes sont responsables, preuves scientifiques à l'appui, de dégâts sur l'ensemble de la biodiversité, des services écosystémiques, de la chaîne alimentaire et sur notre santé. Tous les indicateurs sont au rouge. Il est urgent d'agir vraiment.

DISPARITION DES INSECTES

Les plus anciens peuvent le constater : lorsqu'on roule l'été en voiture, notre calandre et notre pare-brise ne sont plus couverts d'insectes comme il y a une trentaine d'années. Et des études le confirment. L'une d'entre elle, réalisée en Allemagne en 2017, montre que 78 % de la masse des insectes volants a disparu en 27 ans, et ceci même dans les zones protégées (1). La Plateforme inter-gouvernementale sur la biodiversité et les Services écosystémiques (IPBES) a lancé, de son côté, une alerte mondiale dès 2016, nous informant que déjà 40 % des pollinisateurs invertébrés et 16,5 % des pollinisateurs vertébrés (comme les chauves-souris), sont menacés d'extinction. Pour la première fois, les pesticides sont clairement identifiés comme liés à ce déclin. L'IPBES a même le courage d'incriminer un type d'insecticide en particulier : les néonicotinoïdes.

DES NEUROTOXIQUES MASSIVEMENT DÉVERSÉS SUR LA PLANÈTE

Les néonicotinoïdes constituent une nouvelle classe d'insecticides apparus au début des années 90 et ils sont à la pointe de la modernité. Ils constituent une petite famille d'une dizaine de molécules actives, dont l'archétype est l'imidaclopride (Fig. 1). Ils représentent près

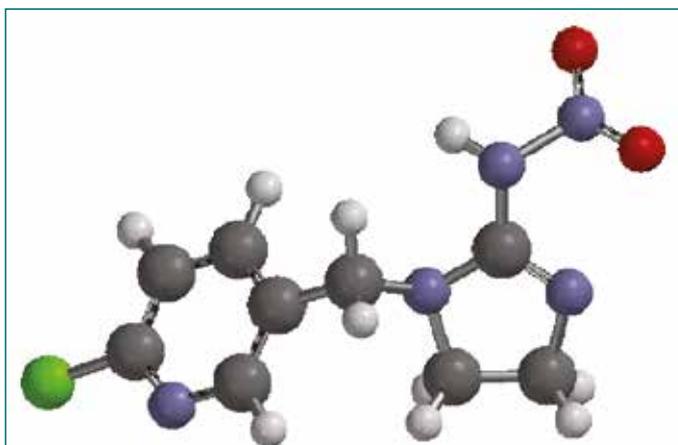


Fig. 1 : Structure chimique de l'imidaclopride ($C_9H_{10}ClN_5O_2$), archétype des néonicotinoïdes. © J.-M. Bonmatin.

d'un tiers du marché mondial des insecticides. Cinq néonicotinoïdes ont dominé le marché français. Ces molécules organochlorées sont construites sur la base de la structure de la nicotine et celle de l'acétylcholine (un neurotransmetteur essentiel). Elles agissent au niveau du système nerveux central sur les récepteurs nicotiques de l'acétylcholine. Elles ont un spectre de toxicité très large puisque qu'elles activent et bloquent les récepteurs neuronaux de presque tous les insectes. Ainsi, les insectes ravageurs des cultures sont immédiatement tués par une sorte de crampes généralisée, dès qu'ils piquent ou sucent

les racines ou les parties aériennes des cultures traitées. En effet, ces insecticides neurotoxiques sont systémiques, c'est-à-dire qu'ils diffusent dans toute la plante. Ils sont véhiculés par la sève, puis stockés dans les racines, feuilles, fleurs et fruits. Quelle que soit la partie attaquée par les insectes, ceux-ci sont empoisonnés.

Comme ces insecticides ont une extrême toxicité, ils peuvent être employés pour asperger les cultures (pulvérisation) mais également pour enrober les semences, ce qui est plus discret et pratique (Fig. 2). Dans ce dernier cas, les semences sont préalablement pelliculées d'insecticide, avant le semis. Cette technique d'enrobage de semence permet généralement de diviser la quantité d'insecticide utilisée à l'hectare par un facteur cinq par



Fig. 2 : Semences enrobées d'insecticide avant semis (bleu : tournesol, rouge : maïs). © J.-M. Bonmatin.

rapport à un équivalent DDT, insecticide interdit depuis les années 1970 et pris comme référence toxique. Toutefois, les études ont montré que la toxicité de l'imidaclopride pour les abeilles est plus de 7000 fois supérieure à celle du DDT. Cinq fois moins à l'hectare, 7000 fois plus toxique... L'enrobage de semences constitue une facilité pour les agriculteurs : semis et traitement définitif sont faits en un seul passage, dès le départ. Mais cela représente un traitement systématique et préventif, dit prophylactique, lequel n'est pas sans graves conséquences. Cette idée de traiter tout *a priori*, et tout le temps, est une impasse. Elle favorise les résistances (comme l'excès d'antibiotiques favorise la résistance des bactéries) et s'oppose à la gestion des ravageurs uniquement lorsque ceux-ci présentent un risque économique pour la récolte. Au final, en traitant systématiquement tout et tout le temps, ce sont des milliers de tonnes de ces insecticides qui sont déversés inutilement sur la planète chaque année.

L'ABELLE MELLIFÈRE, PARTIE VISIBLE DE L'ICEBERG

Si les apiculteurs français constatent des hécatombes parmi les ruches qui butinent le tournesol dès la mise sur le marché (1995), et commencent à soupçonner les néonicotinoïdes, les scientifiques ne mettent en évidence leur responsabilité qu'au début des années 2000. Des recherches montrent alors que, contrairement aux hypothèses émises lors de l'homologation, l'insecticide est présent dans les fleurs, les grains de pollen et les nectars des plantes traitées. D'autre part, les études révèlent que les niveaux de contamination de ces sources de nourriture pour les abeilles sont largement supérieurs aux doses qui induisent, en laboratoire, plus de 50 % de mortalité chez les butineuses suite à une exposition chronique sur 8 jours. En effet, tester la toxicité des néonicotinoïdes à court terme (1 ou 2 jours) avec une seule dose, comme cela était réglementaire, ne révèle pas les effets dramatiques d'une intoxication chronique avec de très faibles doses répétées. En 2003, la première évaluation scientifique très argumentée est faite par le Comité scientifique et technique (CST) de l'étude multifactorielle des troubles des abeilles, groupe d'experts du Ministère de l'agriculture. Les conclusions sont claires. Les risques associés aux néonicotinoïdes pour les abeilles sont inacceptables et expliquent les pertes massives de colonies.

Si les abeilles sont les premières à subir les conséquences de ces pesticides, la communauté scientifique s'accorde sur le fait que l'origine de leur déclin, rapide et prononcé, est multifactorielle (2). Ainsi les causes clairement identifiées des dépopulations d'abeilles sont directement liées aux activités humaines : raréfaction de la nourriture (monoculture, perte de diversité florale), usage massif de divers types de pesticides favorisant le développement d'agents infectieux (virus et microsporidies de type *Nosema* sp.), introduction d'espèces parasites (acarien varroa), invasives (petit coléoptère des ruches) ou prédatrices (frelon asiatique). S'agissant des néonicotinoïdes en particulier, ce qui est vrai pour les abeilles l'est pour les bourdons et pour tous les autres insectes pollinisateurs sauvages comme par exemple les papillons butineurs (Fig. 3). Il faut bien comprendre que les néonicotinoïdes sont des substances toxiques qui n'obéissent pas au vieux principe de Paracelse (1537) selon lequel *seule la (faible) dose fait qu'une chose n'est pas poison*. Depuis le Moyen Âge, la chimie de synthèse a fait de grands progrès et la toxicologie moderne découvre que certaines molécules, même à doses infimes, gardent une forte toxicité (perturbateurs endocriniens, PCB, dioxines, néonicotinoïdes, etc.). Et rien de tout cela n'avait été vérifié lors de l'homologation des néonicotinoïdes, que ce soit par les fabricants ou par les autorités.

Dès 2010, un groupe d'ornithologues, voyant les oiseaux communs se raréfier, se rassemblent à Paris avec des entomologistes, toxicologues, physiciens et chimistes pour tenter de comprendre ce qui se passe. Après avoir éliminé un certain nombre de causes possibles (lumière, ondes, etc.), il reste l'hypothèse crédible et probable des insecticides systémiques tels que les néonicotinoïdes et le fipronil. Mais cette hypothèse doit être validée ou invalidée, toujours sur une base factuelle et purement scientifique. La *Task Force on Systemic Pesticides* (TFSP ; www.tfsp.info) vient de naître sous l'égide de l'IUCN (*International Union for Conservation of Nature*) et J-M Bonmatin en est le vice-président. Rapidement, la TFSP rassemble une soixantaine de scientifiques de nombreuses



Figure 3 : En haut : abeille récoltant du pollen sur maïs © J.-M. Bonmatin. En bas : papillon butineur © H. Mouret (*Arthropologia*).

disciplines, d'une vingtaine de pays, tous volontaires et indépendants, sans conflit d'intérêt. Leur évaluation mondiale intégrée est publiée en 2014 sous la forme d'une

méta-analyse compréhensive constituée de huit articles scientifiques. Plus de 1200 références soutiennent les conclusions. Après 2017, cinq nouveaux articles scientifiques conséquents (700 références supplémentaires) confirment et étendent les conclusions de la TFSP (3) : l'utilisation des néonicotinoïdes et du fipronil n'est pas durable, il faut réduire ou interdire leurs usages rapidement et développer à la place la lutte intégrée contre les ravageurs ou l'agriculture biologique.

DES IMPACTS DIRECTS ET EN CASCADE

Les constats, concernant les impacts des néonicotinoïdes sur les abeilles et sur l'équilibre rompu des écosystèmes, font l'objet d'un consensus scientifique. En France, le rapport de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses) de 2015, faisant suite aux travaux de la TFSP, conclut par exemple : « Devant le constat de la multiplicité et de l'ampleur de l'exposition aux substances chimiques utilisées en santé des plantes et des animaux d'élevage, il est impératif d'œuvrer de toutes les manières possibles pour une diminution globale des intrants ». Au niveau européen, l'EASAC remet également un rapport sur les néonicotinoïdes en 2015, lequel précise : « L'utilisation généralisée des néonicotinoïdes (et d'autres pesticides) limite le potentiel de restauration de la biodiversité sur les terres agricoles dans le cadre de la réglementation agroenvironnementale de l'UE ». Il faut bien comprendre qu'au-delà des abeilles, ce sont divers groupes taxonomiques qui sont impactés : pollinisateurs, invertébrés terrestres et invertébrés aquatiques (Fig. 4). Ces impacts sont démontrés au niveau des individus, des populations et des communautés entières. De plus, l'évaluation mondiale intégrée de la TFSP souligne les effets en cascade déjà visibles sur les prédateurs qui ont besoin des invertébrés pour se nourrir : amphibiens, poissons et oiseaux notamment (4) (Fig.4).

Par ailleurs, si le nuage de poussières chargées en néonicotinoïdes, émis derrière les tracteurs lors des semis, constitue déjà une pollution aérienne mortelle pour les butineurs, la TFSP a aussi démontré une contamination générale moins visible. C'est le cas par exemple pour les sols où les néonicotinoïdes sont présents dans des concentrations 100 à 100 000 fois supérieures à ce qu'on trouve en agriculture biologique. Et ils contaminent toutes les parcelles alentour. De plus, ils ont une durée de demi-vie qui peut atteindre plusieurs années. Ils s'accumulent dans les sols au fur et à mesure des traitements consécutifs. En traitement de semences, la situation est comparable au traitement foliaire, seule-



Figure 4 : Exemples de groupes taxonomiques parmi les plus impactés par les néonicotinoïdes. Invertébrés terrestres et aquatiques : insectes, vers de terre et crustacés. Vertébrés : amphibiens, poissons et oiseaux. Mammifères : rongeurs, cervidés et humains. Source : pixabay.com

ment 2 à 20 % des néonicotinoïdes pénètrent la plante traitée, tout le reste contamine les sols et impacte les invertébrés du sol comme les vers de terre (5). La contamination généralisée des eaux de surface découle de celle des sols et de la solubilité des néonicotinoïdes. Ils sont transportés par lixiviation ou lessivage. Les fortes valeurs atteintes dans les eaux de surface impactent alors les écosystèmes aquatiques et sédimentaires. Même les eaux profondes sont déjà significativement polluées.

Le constat de la contamination globale des trois compartiments de la nature (air, sol, eau) est tout aussi vrai pour nos denrées alimentaires, notamment pour les céréales, fruits et légumes. Ici les valeurs mesurées sont inquiétantes au regard de notre santé. Aujourd'hui, 42 % de la nourriture produite dans le monde excède les valeurs réglementaires en résidus néonicotinoïdes (> LMR : limite maximale de résidus) (6). Les néonicotinoïdes illustrent une dérive des méthodes chimiques utilisées en agriculture intensive. Les constats faits

pour ces insecticides peuvent en effet être étendus à d'autres classes de pesticides comme les herbicides (ex : glyphosate) et fongicides (ex : SDHI), tous bien trop largement utilisés en agriculture et agroalimentaire sur la planète entière.

ET L'HOMME DANS TOUT ÇA ?

Si des centaines d'études sont aujourd'hui disponibles pour divers groupes taxonomiques, très peu d'études concernent les mammifères et l'Homme. L'hypothèse de l'absence d'effet chez les mammifères était suggérée par une affinité moindre des néonicotinoïdes pour le système nerveux central des vertébrés, et de celui de l'Homme en particulier. Un peu comme si on avait oublié que la nicotine a un effet chez l'Homme. Pourtant, nous sommes tous exposés à ces insecticides. Tous les fruits et légumes du marché de Boston (USA) sont contaminés avec au moins un néonicotinoïde en 2015. De l'autre côté du Pacifique, 90 % des Japonais testés urinent au moins 4 néonicotinoïdes en 2014. Ces exemples illustrent ce à

quoi nous sommes exposés à chaque repas *via* les légumes, fruits, céréales, pain, vin, café, chocolat, thé, jus de fruits, etc. Il ne faut pas croire que la situation soit tellement différente en Europe : la France est sur le podium des 27 pays les plus utilisateurs de pesticides. Et puis nous importons beaucoup de denrées alimentaires des pays en voie de développement, souvent moins regardants en matière de sécurité alimentaire.

Du côté des effets sur les mammifères, on découvre à partir de 2007 le potentiel de perturbation du système endocrinien par certains néonicotinoïdes. Ils sont aussi génotoxiques, cytotoxiques, ont des effets sur le foie, la thyroïde et les testicules ; attention cancer... Ils induisent des tremblements et des pertes de mémoire durable, sont liés aux maladies du spectre autistique ou à des pathologies cardiaques chez le nouveau-né (7). Ce qui inquiète le plus les chercheurs est qu'ils impacteraient le bon développement du cerveau chez le fœtus, parfois jusqu'à l'anencéphalie, et aussi chez les plus jeunes. Censés ne pas passer la barrière placentaire, on les retrouve pourtant dans la première urine des bébés de très faible poids (8). Et plus les années passent, plus la liste des maladies induites chez l'Homme augmente et l'exposition chronique des populations s'allonge (www.youtube.com/watch?v=tmcYITNDj3A).

VERS UNE NÉCESSAIRE MUTATION AGRICOLE

À ce stade, il n'est pas impertinent de se poser quelques questions essentielles : quels sont les bénéfices réels de ces insecticides ? À quoi servent-ils vraiment ? Cela justifie-t-il le coût pour l'environnement, pour la biodiversité et pour notre santé ? En 2015, l'Agence américaine de protection de l'environnement constatait que les rendements du soja n'étaient pas différents entre cultures traitées aux néonicotinoïdes et cultures de soja n'ayant reçu aucun traitement insecticide. En d'autres termes : 540 tonnes/an de néonicotinoïdes, c'est-à-dire le deuxième poste de consommation aux USA après le maïs (910 tonnes/an), avaient été utilisés pour rien. D'ailleurs, pour le maïs, les canadiens savent faire sans traitement prophylactique puisqu'en Ontario et au Québec, une réduction progressive de 80 % des néonicotinoïdes a été décidée par les autorités. Mieux, le bénéfice net agricole apparaît plus élevé pour les agriculteurs qui pratiquent l'agriculture biologique ou la lutte intégrée, ceci avec des rendements équivalents. L'économie faite sur les pesticides, couplée à des récoltes de qualité meilleure (donc vendues à un prix plus élevé), assure ainsi une meilleure rentabilité agricole sur le maïs, soja, blé et colza. Ce constat a aussi été fait en Italie dans les provinces très agricoles du Frioul et de la Vénétie, en mettant en place

un simple système d'assurance mutuelle. En effet, les statistiques sur trois décennies montrent que seulement 4 % des surfaces de maïs sont attaquées par les insectes ravageurs. Pourquoi traiter à 40 € par hectare 100 % des surfaces, alors que l'assurance mutuelle à 3,5 € par hectare couvre tous les risques ? Ce système d'assurance est d'abord basé sur la prévention (rotation, pièges à insectes, etc.) et sur les conseils d'agronomes indépendants rémunérés par l'assurance mutuelle. C'est une mise en place rigoureuse de la lutte intégrée (9) : les traitements insecticides ne sont faits qu'en cas de nécessité, de façon ciblée, et avec des molécules de faible toxicité pour les écosystèmes. Au final, avec 53 000 hectares de maïs concernés, l'assurance ne dépense en indemnisation que la moitié de ce qu'elle percevait. Ce système socio-économique est viable depuis sa mise en place en 2014. Il est très économique et sécurisant pour les agriculteurs qui y adhèrent. Il est également protecteur de l'environnement et des consommateurs.

D'une manière plus générale, la TFSP a voulu répondre à la question de l'utilité/inutilité des traitements insecticides préventifs. La réponse montre clairement que la plupart des traitements néonicotinoïdes prophylactiques (c'est-à-dire systématiques et préventifs) ne sert pas à grand-chose en termes de rendements, comme illustré pour les principales cultures annuelles ou pérennes (9, 10). Les gains en termes de rendements sont mineurs par rapport au surcoût pesticide, et, au final, le bénéfice net agricole est significativement diminué. De plus, ces traitements préventifs sélectionnent les ravageurs résistants, de sorte qu'il faut alors continuer l'éternelle course à l'armement : soit en augmentant encore la toxicité, soit en utilisant plusieurs insecticides. Ce faisant, les impacts sur la biodiversité, les écosystèmes et notre santé s'aggravent et ne sont plus acceptables. La disparition des abeilles est une des conséquences les plus visibles, le reste suit, on parle de sixième extinction des espèces... Les solutions alternatives existent et sont efficaces. L'article de revue de la TFSP liste toutes ces solutions qui concernent l'agencement des paysages agricoles (haies, zones humides, etc.), les méthodes agronomiques (rotation, semis tardif, inter-cultures, etc.), l'utilisation des prédateurs des ravageurs ou de leurs parasitoïdes (bio-contrôle), et toute une batterie de solutions techniques aujourd'hui disponibles (phéromones, substances de base, barrières physiques, etc.) (9). En clair, il faut lutter contre les ravageurs avec la nature et non contre la nature. Le comité d'experts agronomes mis en place par l'Anses constate lui aussi que pour les 130 usages de néonicotinoïdes qui existaient en France, il existe une solution alternative non-chimique dans 78 % des cas (11). Cela

signifie qu'on aurait pu économiser 78 % des cas traités aux néonicotinoïdes, et, dans les autres cas, utiliser des molécules moins problématiques.

VERS UNE INTERDICTION DES NÉONICOTINOÏDES ?

En France, l'interdiction totale de tous les néonicotinoïdes a été votée (Amendement 452 du 22 juin 2016), ceci contre l'avis du ministre de l'Agriculture, Stéphane Le Foll. Cette interdiction a pris effet au 1^{er} septembre 2018. Elle a été assortie d'un autre amendement pour élargir l'interdiction à toute molécule proposée sur le marché français qui présenterait le même mode d'action (ex. sulfoxaflor, fluppyradifurone ; Amendement CE2049 du 13 avril 2018). Ainsi, la France était le premier pays à prononcer une interdiction totale de ces pesticides. L'Europe avait, pour sa part, interdit partiellement trois molécules néonicotinoïdes en 2013, puis étendu cette interdiction à toutes les cultures hors serres en 2019. Par ailleurs, des pays avaient ponctuellement interdit certains néonicotinoïdes pour certaines cultures depuis l'interdiction française de 1999 (imidaclopride sur tournesol), mais toujours au cas par cas. Cependant, un autre néonicotinoïde venait immédiatement prendre le marché laissé libre par celui qui avait été interdit. De fait, une mesure efficace de protection de l'environnement voudrait des interdictions totales, sur toute la famille de néonicotinoïdes, sur toutes cultures. Les dérogations ne devraient être accordées qu'avec une extrême précaution et sur une base scientifique argumentée. Pourtant, une dérogation très controversée vient de ré-autoriser en France (premier producteur de sucre européen), l'usage de deux néonicotinoïdes jusqu'en 2023 pour traiter environ 450 000 hectares de betterave sucrière contre un puceron vecteur de la jaunisse pour cette culture. C'est une marche-arrière environnementale d'autant plus regrettable qu'on apprend aujourd'hui par l'Anses qu'il existe nombre de solutions alternatives pour la betterave sucrière.

UNE RÉFLEXION SUR NOTRE MODÈLE AGRICOLE

À la faveur de ce cas emblématique qui démontre les impacts des néonicotinoïdes sur les abeilles, sur toute la biodiversité et l'ensemble des écosystèmes dont nous dépendons, de graves failles dans le système d'homologation sont apparues et demandent à être corrigées. Ces failles concernent les propriétés de ces pesticides (hypothèses erronées de non-contamination, non toxicité, non persistance) mais également leur utilité réelle et leur coût

global. Plus généralement, le cas des néonicotinoïdes montre que le système de production agricole intensif et basé sur les traitements chimiques en première intention n'est pas durable. Ses coûts cachés sont exorbitants : pollution généralisée, effondrement des écosystèmes, santé humaine. Non seulement les sociétés humaines ont profité et profitent des sociétés d'abeilles pour la pollinisation des végétaux comme pour leur miel, mais les pollinisateurs nous préviennent des dangers globaux qui nous menacent et de l'urgence d'agir pour corriger nos erreurs.

RÉFÉRENCES

- (1) Hallmann CA *et al.* (2017) More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PLoS ONE* 12 : e0185809.
- (2) Goulson D *et al.* (2015) Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers. *Science* 347 : 1435-1435.
- (3) Bonmatin JM *et al.* (2021) An update of the Worldwide Integrated Assessment (WIA) on systemic insecticides. *Environmental Science and Pollution Research* 28 : 11709–11715.
- (4) Pisa L *et al.* (2021) An update of the Worldwide Integrated Assessment (WIA) on systemic insecticides. Part 2: impacts on organisms and ecosystems. *Environmental Science and Pollution Research* 28 : 11749–11797.
- (5) Sánchez-Bayo F (2014) The trouble with neonicotinoids. *Science* 346 : 806-807.
- (6) Wyckhuys KAG *et al.* (2020) Resolving the twin human and environmental health hazards of a plant-based diet. *Environment International* 144 : 106081.
- (7) Cimino A *et al.* (2016) Effects of neonicotinoid pesticide exposure on human health: A systematic review. *Environmental Health Perspectives* 125 : 155-162.
- (8) Ichikawa G *et al.* (2019) LC-ESI/MS/MS analysis of neonicotinoids in urine of very low birth weight infants at birth. *PLoS ONE* 14 : e0219208.
- (9) Furlan L *et al.* (2021) An update of the Worldwide Integrated Assessment (WIA) on systemic insecticides. Part 3: alternatives to systemic insecticides. *Environmental Science and Pollution Research* 28 : 11798–11820.
- (10) Veres A *et al.* (2020) An update of the Worldwide Integrated Assessment (WIA) on systemic pesticides. Part 4: Alternatives in major cropping systems. *Environmental Science and Pollution Research* 27 : 29867–29899.
- (11) Jactel H *et al.* (2019) Alternatives to neonicotinoids. *Environment International* 129 : 423-429.

Émergence et propagation des épidémies : à propos des activités humaines et de leur environnement



Patrice Debré, professeur émérite d'Immunologie à Sorbonne Université, membre titulaire de l'Académie de médecine, est ancien chef du service d'Immunologie de l'hôpital Pitié-Salpêtrière, ancien directeur d'unités CNRS et Inserm et d'un Institut de recherche sur cancer immunité et infection. Il a exercé de nombreuses responsabilités administratives nationales à l'Inserm, CNRS, université Pierre et Marie Curie, Assistance publique hôpitaux de Paris (APHP), Établissement français du sang, ministère de la Recherche et de l'enseignement supérieur. Il a été ambassadeur chargé contre la lutte VIH Sida et les maladies transmissibles au ministère de l'Europe et des affaires étrangères et a exercé de nombreuses responsabilités internationales dont la présidence du Cirad, et la représentation française à de nombreuses organisations multilatérales internationales (Fonds mondial, EDCTP, UNITAID, Roll Back Malaria). Il est aujourd'hui conseiller à Aviesan et à la Direction des relations internationales de l'APHP. Il est membre du Comité d'éthique du CNRS et Président du Comité des relations internationales et de la Commission de biologie de l'Académie nationale de médecine.

Résumé : Les conditions générales de survenue des épidémies sont assez largement connues (1, 2) et, au demeurant, ont leur logique. L'émergence et la dissémination de nouveaux microbes dépendent, entre autres, des réservoirs animaux et des hommes, de leurs contacts et possibilités de rencontre, des risques occasionnés par la promiscuité, une mauvaise hygiène, des transports et échanges commerciaux. Elles dépendent aussi des microbes eux-mêmes dont le génome peut se modifier par mutation, sélection (antibiotiques) ou être conditionné par l'environnement. L'histoire des épidémies met en lumière certaines des modalités de leur émergence et de leur diffusion. Nous évoquerons ici quelques épisodes éloquentes concernant le rôle des activités humaines et de leur environnement, avant de les intégrer dans la vision actuelle des différentes causes de leur survenue.

LES PREMIÈRES ÉPIDÉMIES

C'est au Néolithique qu'apparaissent les premières épidémies. Un nouveau chapitre de l'histoire des hommes s'ouvrit avec celui des sociétés sédentaires, l'apparition de l'agriculture, et de la domestication des animaux, puis leur concentration dans les villes, et l'immigration. Ce passage à un nouvel espace socio-culturel de l'humanité est appelé « première transition épidémique ». L'apparition des premières émergences infectieuses est en effet liée à la vie des sociétés humaines ancestrales. Il y a 10 000 ans, les hommes sortaient du dernier âge glaciaire à l'occasion de la révolution néolithique. Les groupes humains se sédentarisèrent. Ils établirent des comptoirs et groupements, principalement le long des fleuves et des côtes, là où apparaîtront les premiers villages et plus tard les villes. Le Paléolithique annonce la

fin des populations de chasseurs cueilleurs. La progression de la civilisation prit place dans six ou sept régions du monde et à des temps différents. Les terres se plient à la révolution agronomique. Selon la théorie de l'Oasis, la sécheresse imposa le regroupement des hommes et animaux autour des zones irriguées, lacs, rivières, où les uns et les autres se retrouvaient. Pour d'autres ce fut un bouleversement scientifique, une prise de conscience collective des avantages de l'agriculture pour satisfaire les besoins alimentaires.

L'explosion démographique vint s'y ajouter. Les nouvelles prouesses agricoles ont aidé à la diffusion des microbes, soit directement par leur prolifération, favorisée par les engrais et les eaux d'épandage, soit transmis par les animaux attirés par les aliments que les hommes engrangeaient. Des espèces vecteurs ou réservoirs ont ainsi bénéficié de la déforestation et surtout de la proximité des villages qui venaient de se construire. Mais le rapprochement n'est pas seulement lié à l'environnement naturel, l'élevage accompagne l'agriculture, et, avec lui, d'autres formes de contagion apparaissent. Au Paléolithique le chien est la seule espèce domestiquée. Quand les chasseurs-cueilleurs nomades furent remplacés par de petits producteurs alimentaires, il fallut domestiquer la faune, à l'aide des proies rapportées à la lisière des villages. Les animaux domestiques, la fameuse pintade de pandore, le bœuf, le mouton, la chèvre, le porc, et le chien vont transmettre aux hommes des germes qui ne demandent qu'à franchir la barrière d'espèce. Le bœuf a ainsi transmis la variole, la lèpre, la tuberculose, la typhoïde, les salmonelles, le ténia. Le mouton nous a légué le charbon, le porc et le poulet la

grippe, le cheval, le tétanos. De manière intéressante, il existe des différences considérables de culture entre l'Eurasie et le Nouveau Monde. En Amérique les espèces domestiquées sont plus rares, limitées au lama, alpaga, cobayes. Les hommes de ce continent vont sortir indemnes de la plupart des contacts avec les animaux élevés la plupart du temps en semi-liberté, évitant la promiscuité qui siège dans les villages de l'ancien monde, manquant de l'immunité contre les pathogènes correspondants. Ce mode de vie les rendra sensibles aux émergences infectieuses liées à l'arrivée des premiers conquistadors. Mais le Néolithique fut aussi l'occasion du développement d'une autre espèce animale, celle des moustiques, ainsi que des épidémies qui lui sont liées. La révolution agricole fut ainsi à l'origine de l'expansion du paludisme. Avec le déboisement par le développement de l'agriculture, les oiseaux et chauve-souris qui sont les prédateurs naturels des moustiques changent d'habitat, laissant la voie libre aux insectes pour proliférer dans les marais, les eaux stagnantes, les points d'eau insalubres.

L'élevage et l'agriculture ne furent pas les seuls à favoriser les épidémies, la croissance des villes fournit l'occasion à d'autres microbes de s'établir directement durablement. Des virus comme la rougeole, la variole, la rubéole ont trouvé leur opportunité de se propager et de s'y développer. Un nombre important d'individus indemnes d'infections, notamment d'enfants, assurent la continuité du réservoir viral, tandis que le développement rapide d'une immunité la freine.

HISTOIRE DE LA PESTE

La peste fut un des fléaux les plus terribles. Cette pathologie suit les contours des activités humaines, mais aussi de son réservoir animal, le rat, et de son vecteur, la puce. L'histoire de la peste commence avec des récits anciens dans lequel il est impossible de la distinguer d'autres épidémies infectieuses (Fig. 1). Un des plus anciens récits est celui de la peste d'Athènes par Thucydide. Il mérite d'être rapporté comme un témoignage important sur les faits et gestes des populations atteintes d'une épidémie il y a 2500 ans. Alors que la guerre du Péloponnèse faisait rage, Athènes est attaquée par Sparte. La campagne avoisinante est saccagée, et les paysans fuient pour regagner la ville. Les réfugiés s'entassent dans la cité assiégée où la concentration démographique et l'insalubrité font le lit de l'épidémie. Après une brève accalmie, la maladie ressurgit par vagues successives. C'est en grande partie grâce à elle que Sparte fut victorieuse tandis qu'Athènes perdit le tiers de ses habitants. La guerre fut ici la circonstance environnementale majeure.



Fig. 1: Gravure sur cuivre représentant un médecin soignant la peste à Rome vers 1656 avec un poème satirique « Vos Creditis, als eine Fabel, / quod scribitur vom Doctor Schnabel ». Source : Wikipedia

Mais la transmission de la peste tient aussi à l'écologie des rats. Au Moyen Âge et à la Renaissance, ce sont la qualité de l'habitat, et en corollaire la présence des chats, qui expliquent l'inégalité sociale face à la peste. Très nombreux dans les maisons modestes et chez les religieux, les chats veillaient sur les pauvres. Prédateurs des rats, ils protégeaient les gens du peuple et ceux de robe. Car la peste suit les mœurs des rats qui se glissent volontiers dans les étoffes et les sacs de grains. Elle s'importe par les ballots de coton. Les rongeurs aiment à se reproduire dans les entrepôts de tissu. Les rats suivent étoffes et semences que l'homme entrepose, stocke et transforme. L'entrée de la peste se fait avec l'arrivée des marchands de tissu. Ainsi en France la peste qui avait disparu au début des années 1700, fut introduite par un bateau, le Grand Saint-Antoine. L'épidémie se répandit en Provence et fit près de 40 000 victimes. Ce fut la dernière grande émergence de la peste en Europe de l'Ouest. Par la suite l'Occident oubliera la peste qui se maintiendra cependant longtemps en Asie. Cette différence territoriale fut considérée comme un exemple d'immunité croisée. À partir du XVIII^e siècle, une espèce de rat gris, qui avait établi sa niche écologique dans les zones tempérées de la Russie et de la mer Caspienne se répand en Europe. Pour des raisons inconnues, ce rat prend la place occupée par le rat noir à l'origine des grandes pestes du Moyen Âge. Or cette nouvelle espèce de rongeur était infectée par un bacille mutant *Yersinia pseudotuberculosis*. Cette infection, qui n'est qu'accidentellement transmise à l'homme, confère à l'animal une immunité croisée qui le protège de la peste. À partir du XVIII^e siècle, l'Europe s'est en quelque sorte protégée par l'intermédiaire d'un réservoir animal qui présente une immunité collective.

Étrange destinée, car c'est précisément *Yersinia pseudotuberculosis* (Fig. 2) qui, il y a des dizaines de milliers d'années, s'est transformé en *Yersinia pestis*. *Yersinia pseudotuberculosis* est un germe entérique du rat qui est



Fig. 2 : Photo en microscopie électronique de la bactérie Gram-négative *Yersinia tuberculosis*.
Source : Wikipedia

passé à l'occasion de famines, du tube digestif au sang, où il trouvait un milieu plus propice à sa prolifération. Par un nouveau processus de sélection, la puce, après s'en être nourrie, allait faire naître des germes capables de se répliquer dans le proventricule. Là, la multiplication du bacille produit un bouchon qui l'oblitére, empêchant le passage normal du repas sanglant. La puce affamée régurgite le sang aspiré qui s'est contaminé par les bactéries lors du contact avec le bouchon, et rediffuse dans la plaie. Des mutations successives accompagnent la transformation du bacille originel. L'apparition de la peste résulte ainsi de l'évolution d'un bacille qui par adaptation parvient à se multiplier d'abord dans le sang d'un rongeur, puis dans celui de l'homme, ayant acquis l'information génétique lui permettant de survivre dans la puce et de s'y développer.

LA FIÈVRE HÉMORRAGIQUE D'ARGENTINE : UNE ÉPIDÉMIE QUI ACCOMPAGNE LA RÉVOLUTION INDUSTRIELLE

Cette épidémie fut décrite pour la première fois en 1953 chez les agriculteurs de la province de Buenos Aires. Diverses émergences infectieuses en milieu rural survenaient alors. Elles prenaient la forme de bouffées épidémiques saisonnières avec un pic à la saison des moissons, si bien qu'on l'appelait le mal des chaumes. Le pathogène ne fut isolé qu'en 1956. Il s'agissait d'un virus de la famille des Arénavirus (Fig. 3).

Si cette épidémie est à retenir, c'est qu'elle est particulière par sa transmission. Sa réserve naturelle est la souris du maïs qui élimine les particules virales dans la salive et les urines. Pouvant se propager par contamina-

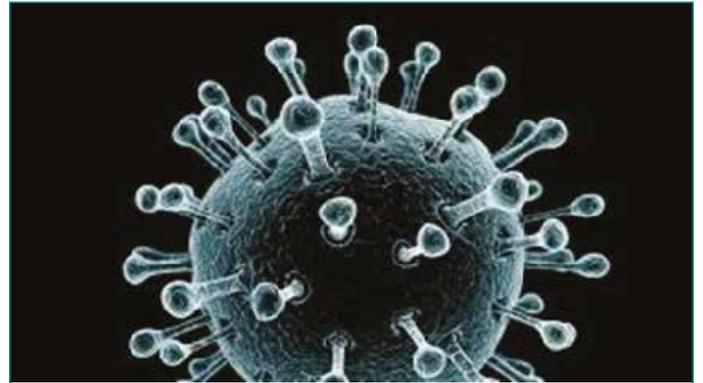


Fig. 3 : Arénavirus. Ces virus sont des virus à ARN qui ont la particularité de contenir un semis de petites granulations. Parmi ces virus on trouve le virus Junin responsable de la fièvre hémorragique d'Argentine.
Source : Arénavirusnotrefamille.com

tion directe, le virus doit principalement sa diffusion à la révolution industrielle. À partir des années 1940, l'utilisation des herbicides favorise l'implantation d'une agriculture extensive qui fournit une nourriture abondante non seulement aux hommes mais aux souris et rats. Cette nouvelle révolution agricole va être indirectement responsable de la transmission virale, car les paysans, servis par le bouleversement technologique, vont abandonner les habitudes ancestrales pour utiliser des moissonneuses-batteuses modernes. Les épidémies doivent leur émergence à cette mécanisation. Les souris sont en effet happées par les râteliers à griffe, hachées menues, écrasées et pulvérisées sous forme d'un aérosol de sang et d'urine, arrosant de virus les ouvriers agricoles. Les souris du maïs détruites par la mécanisation, sont ainsi à l'origine d'une épidémie qui s'arrêta en se protégeant des aérosols... Jusqu'à ce que d'autres rongeurs plus sensibles et plus efficaces dans la transmission du virus déplacent l'épizootie à d'autres territoires où elle pouvait poursuivre sa contamination sans passer par la mutilation des moissonneuses-batteuses.

CAUSES DES INFECTIONS ÉMERGENTES ET DE LEUR DISSÉMINATION

Les épidémies ont de nombreuses causes qui facilitent le franchissement des barrières d'espèce, et leur dissémination.

- Les deux tiers des infections sont des zoonoses, la rencontre de l'homme avec l'animal formant un couple indissociable. La Covid 19 en est le plus récent exemple (Fig. 4). Si cette infection semble bien provenir originellement de chauves-souris, quel que soit par la suite l'hôte intermédiaire, avant d'atteindre l'homme, il est

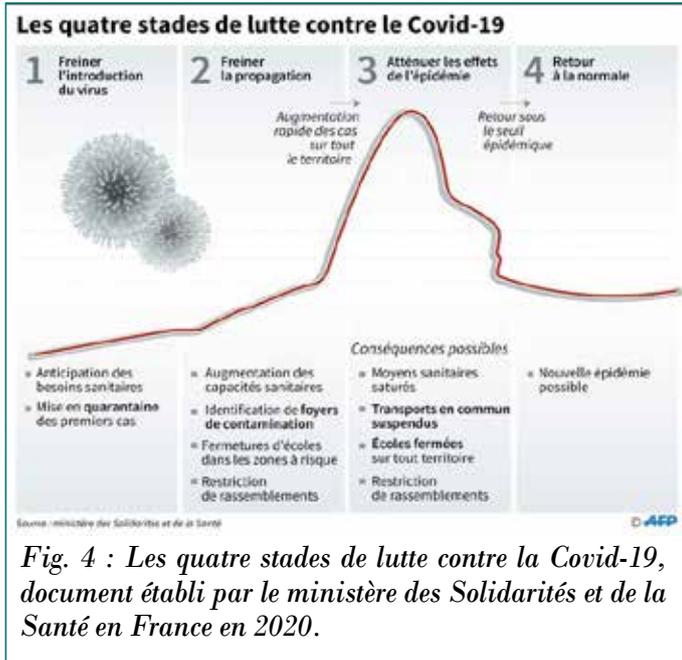


Fig. 4 : Les quatre stades de lutte contre la Covid-19, document établi par le ministère des Solidarités et de la Santé en France en 2020.

parfois difficile de discerner s'il s'agit d'une contagion à partir de la faune sauvage ou domestique. Ainsi lors de l'épidémie de H5N1 en 2005, les oiseaux migrateurs furent accusés d'en être la cause principale, mais il semble qu'il s'agissait plutôt d'un transport illégal d'un lot de volailles introduit dans l'hémisphère nord (1). La disparition des contrôles aux frontières trouve ici une de ses conséquences possibles. De fait, le rapprochement de l'homme avec l'animal dépend de multiples causes. Aux opportunités déjà signalées il faut ajouter celles liées à l'industrie et à l'agriculture intensive, tels les barrages sur les grands fleuves ou la déforestation, qui, modifiant l'écologie des vecteurs, notamment des insectes, a grandement facilité de nouvelles émergences. La destruction de forêts tropicales en Amazonie et en Indonésie a bouleversé les lieux de vie naturels de la faune sauvage et des moustiques, et rapproché ceux-ci de l'homme. D'autres facteurs tels l'agro-tourisme et la consommation de viande vendue sur les marchés africains, viennent à leur tour apporter leur risque de contamination. Indépendamment de la faune sauvage, l'élevage intensif d'espèces animales domestiques pour la consommation, poulets, cochons ou ruminants, facilite également la transmission des virus, et surtout permet la recombinaison entre espèces virales animales et humaines pour créer de nouveaux microbes chimères.

- Une fois franchie la barrière d'espèce, la transmission, la diffusion et la prolifération des germes dépendent en partie des contacts inter-humains et ainsi de l'évolution démographique du monde qui connaît aujourd'hui d'importantes modifications. Pendant la seconde moitié du XX^e siècle la population mondiale a presque doublé

pour atteindre six milliards d'habitants en 2011 (3), soit une augmentation de plus de 3 milliards d'hommes en l'espace de 40 ans. D'un autre côté, l'évolution de la natalité varie selon les régions. En Asie du Sud-Est, Amérique latine, Moyen-Orient et Afrique du Nord, le taux de fécondité baisse, s'associant à un vieillissement de la pyramide des âges et du taux de croissance démographique. À l'inverse, en Afrique sous-saharienne, les régions dévastées par les pandémies du sida, tuberculose et paludisme, ont un taux de natalité qui reste supérieur à cinq enfants par famille si bien que 9 sur 10 des jeunes de 25 ans vivent dans les régions les plus pauvres où se concentrent les multiples causes et conséquences d'émergence épidémique. Cette natalité élevée fait des enfants la proie facile de nouvelles maladies infectieuses comme l'a montré le sida. Ces constatations décèlent aussi un risque de fracture entre le Nord et le Sud, livrés à des choix médicaux opposés et à un dispositif de recherche et de l'industrie pharmaceutique très restreint dans les pays à faible niveau de vie.

- À ces préoccupations d'ordre démographique s'ajoutent celles qui concernent les déplacements des individus. Les voyages, les échanges commerciaux (transports de containers) offrent de multiples exemples d'émergences épidémiques insulaires. Dans le passé, le commerce des esclaves a apporté au Nouveau Monde le moustique *Aedes aegypti* et la fièvre jaune. Les transports d'aujourd'hui montrent bien qu'aucune frontière ne peut empêcher la progression des épidémies. D'un autre côté les migrants qui fuient les guerres, la faim, ou le manque de ressources, représentent à l'évidence un facteur de diffusion des épidémies. D'une part ils trouvent dans leur nouvel asile des microbes avec lesquels ils n'étaient pas en contact, d'autre part ils peuvent transmettre de nouveaux virus et bactéries à des sujets sensibles. Or les mégapoles d'aujourd'hui exercent une attraction sur ces populations qui fuient les lieux les plus pauvres et dangereux. Dans les zones suburbaines se concentrent également un certain nombre d'animaux réservoirs ou vecteurs de microbes, tels les rats, puces ou poux. Ainsi ces pestes de toute nature sont autant dues à la rencontre avec les animaux que la conséquence des taudis et de la mauvaise hygiène. De plus ces nappes urbaines du Sud sont à proximité des zones riches en biodiversité et en particulier de la faune sauvage.

- Les antibiotiques depuis leurs plus anciens usages, peuvent entraîner l'apparition de microbes résistants. Alexander Fleming, le découvreur de la pénicilline, fut un des premiers à constater ce phénomène qui a été à l'origine de l'utilisation de cocktails d'antibiotiques pour en limiter le risque par une plus grande efficacité

sur les microbes. Cette stratégie n'a pas empêché totalement l'apparition de mutants résistants car les mutations n'en sont pas uniquement responsables. La résistance peut dépendre également d'un transfert d'information entre bactéries par conjugaison sexuelle, indépendamment de toute pression de sélection. Les modifications de génomes viraux et bactériens ne sont d'ailleurs pas seules en cause. Les facteurs de l'hôte jouent également un rôle. Ainsi l'épidémie de sida et l'immunodépression induite par le VIH a facilité l'apparition de germes opportunistes rapidement résistants. Le bacille de la tuberculose fut l'un de ceux-là. Diverses occasions liées à l'emploi inconsidéré ou inobservant des antibiotiques ont abouti à la création d'espèces multi et ultra résistantes aux chimiothérapies antituberculeuses. De fait, la résistance aux antibiotiques s'observe après leur mauvaise utilisation et notamment un traitement insuffisamment prolongé. Le développement de nouveaux antibiotiques pourrait y pallier, mais le faible bénéfice des ventes d'antibiotiques fait que leur production n'est plus aujourd'hui une des priorités de l'industrie pharmaceutique. L'antibiorésistance représente un fléau mondial dans les pays du Nord comme du Sud, et un facteur majeur de cause d'émergence et réémergence de nouvelles épidémies. À ces résistances observées après cas d'antibiothérapie humaine, s'ajoute la survenue de celles déclenchées par la pratique d'emploi d'antibiotiques chez l'animal, largement utilisée pour accroître le rendement industriel pour la production de lait, fromage, et viande. Leur action possible sur le microbiote animal et la sélection de germes qui facilitent l'obésité ne justifie pas leur utilisation, au demeurant incontrôlée.

La liste de ces causes n'est pas exhaustive car d'autres événements peuvent être à l'origine de l'émergence épi-

démique, dont le changement climatique. Son importance qui peut être questionnée (2), mérite cependant vigilance. La possibilité de diffusion de la dengue ou du Chikungunya en Europe, de la fièvre de la vallée du Rift dans diverses régions d'Afrique semble ainsi bien réelle. Ailleurs on évoquera le délabrement de certaines politiques hospitalières et la disparition, rejet, ou inobservance, de mesures de prévention dont les vaccins et l'hygiène hospitalière (infections nosocomiales).

CONCLUSIONS

Il existe ainsi des causes multiples qui favorisent l'émergence d'épidémies, que ce soit les contacts animal/homme et homme/homme, la circulation des microbes quel qu'en soit le mécanisme, la survenue de mutations et recombinaisons entre microbes facilitant le franchissement de la barrière d'espèce, leur agressivité et leur infectivité. En l'absence de vaccin, difficile à mettre au point avant l'apparition du pathogène, des mesures de détection, de riposte en temps épidémique, de politique sociale et d'éducation en temps de paix, sont à cet égard parmi les seules susceptibles de diminuer ces facteurs de risque.

RÉFÉRENCES

- (1) Debré P, Gonzalez J-P (2013) *Vie et mort des épidémies*. Odile Jacob, 288 pages
- (2) Keller F (2012) *Les nouvelles menaces des maladies infectieuses émergentes*. Rapport d'information du Sénat, numéro 638, 233 pages.
- (3) [economiedurablekeovdr-blog-com/article-évaluation la population](http://economiedurablekeovdr-blog-com/article-évaluation-la-population)

Risques sanitaires liés au réchauffement de l'Arctique : fantasmes et réalités



Jean-Michel Claverie est professeur émérite de l'université Aix-Marseille et ancien praticien hospitalier de l'APHM en santé publique. De 1995 à 2018, il a dirigé le laboratoire Information génomique et structurale (IGS), une UPR puis UMR du CNRS, et de 2009 à 2018 il a également dirigé l'Institut de microbiologie de la Méditerranée (FR3589). Après une carrière au CNRS commencée en 1975 comme stagiaire de recherche, il a en a reçu la médaille d'Argent en 2003 pour ses travaux en génomique microbienne et la découverte de Mimivirus, le premier virus géant.

Chantal Abergel est directrice de recherche et directrice du laboratoire IGS depuis 2018. Médaille d'Argent du CNRS et chevalier de la Légion d'honneur en 2014, officier de l'ordre national du Mérite en 2019, elle est spécialiste des virus géants. Avec Jean-Michel Claverie, elle poursuit l'exploration de ce nouveau domaine de la virologie qui recouvre désormais pas moins de cinq nouvelles familles virales distinctes. En 2014 et 2015, la découverte de virus restés infectieux après 30 000 ans de congélation dans le pergélisol sibérien a fait naître la crainte que le réchauffement climatique puisse causer la résurgence de pathogènes d'un lointain passé.

Résumé : Le réchauffement climatique est clairement associé à l'émergence de nouveaux risques sanitaires, l'augmentation des températures autorisant la migration vers les régions tempérées d'Europe de vecteurs de maladies infectieuses jusqu'ici confinées aux régions tropicales. Une autre menace pourrait également venir du Nord, où les nombreux microbes stockés depuis des milliers d'années dans les sols de l'Arctique sibérien seront remis en circulation à l'occasion de leur dégel de plus en plus profond, ou des multiples activités minières qui y sont projetées. Ce scénario de science-fiction a été promu au rang de possibilités après que nous ayons réussi à réactiver plusieurs virus isolés à partir de pergélisol datant de 30 000 ans. Nous racontons ici les circonstances de cette découverte, avant de discuter des précautions à prendre pour minimiser les risques de pandémies venues du froid.

MARSEILLE, PATRIE DES VIRUS « ZOMBIES » VENUS DU FROID

On imagine mal un laboratoire situé à Marseille, ville où il ne gèle quasiment jamais, se distinguer par ses recherches sur la microbiologie du pergélisol, jusqu'à devenir le point de départ d'un emballement médiatique international sur les risques sanitaires éventuellement liés au dégel des sols arctiques dû au réchauffement climatique, et en particulier des virus géants dits « Zombies ». La première partie de cet article consistera donc à décrire comment notre laboratoire s'est retrouvé mêlé à ce thème de recherche. Dans une deuxième partie nous présenterons les résultats obtenus, avant de terminer en essayant de faire la part des choses, c'est-à-dire démêler la part de l'emballement médiatique du risque réel associé à la libération des microbes congelés dans les sols arctiques depuis des dizaines de milliers d'années.

QU'EST-CE QUE LE PERGÉLISOL ?

Contrairement à la perception que peuvent en avoir les habitants des zones tempérées, les régions situées au nord du cercle polaire arctique ne sont pas des étendues glacées recouvertes de neige en permanence. Même si la moyenne annuelle des températures n'excède pas -10°C (en prenant l'exemple de la petite ville de Cherskyi, située au Nord du 68° parallèle, et sur laquelle nous reviendrons), la moyenne des températures s'installe au-dessus de zéro des mois de juin à septembre, une période suffisante pour permettre la croissance d'une végétation luxuriante (Fig. 1), et la prolifération d'insectes qui ne facilite pas la vie des rares humains qui s'y aventurent. De juin à août, les températures diurnes les plus élevées



Fig. 1 : Le site de Duvanny Yar ($68^{\circ}39' \text{ N}$, $159^{\circ}4' \text{ E}$) et sa végétation, fin août 2019, sur les rives du fleuve Kolyma. Source : IGS-CNRS.

peuvent atteindre 30 °C. Chaque été permet donc la constitution d'une couverture végétale importante, associée au réveil d'une faune diverse (arthropodes, vers) et d'un microbiome complexe (protozoaires, bactéries, archaebactéries, virus).

Au retour de chaque hiver, cette couche de matière vivante se recongèle en une sorte d'humus dont l'accumulation va former un empilement jusqu'à atteindre une profondeur à partir de laquelle la température ne repasse plus jamais au-dessus de 0 °C, même en été. Ce sol gelé en permanence constitue le « pergélisol » (ou « *permafrost* » en anglais). Contrairement à une confusion souvent entretenue par les médias populaires, le pergélisol n'est donc pas de la « glace », mais une sorte de tourbe gelée en permanence (Fig.2). L'épaisseur de pergélisol est délimitée, en surface par une couche dite « active » de moins d'un mètre (dont la température repasse au-dessus de zéro pendant l'été), et une profondeur maximale (qui peut atteindre jusqu'à 1 500 m en Sibérie nord-orientale) où la température repasse au-dessus de 0 °C, sous l'influence du gradient géothermique. Entre les deux, la température du pergélisol reste relativement constante (entre -15 °C et -5 °C).



Fig. 2 : A gauche, falaise de pergélisol (site de Duvanny Yar) attestée par la présence de « coins de glace » (zones brillantes) contemporains de la congélation du sol ; à droite, l'échantillonnage du pergélisol. Source : IGS-CNRS.

UNE LONGUE TRADITION DE TRAVAUX RUSSES, PEU CONNUS

L'exploration de la flore microbienne du pergélisol des régions arctiques est beaucoup plus ancienne que pourrait le faire croire l'engouement récent des médias, comme des vulgarisateurs scientifiques, pour ce sujet. C'est en lisant un article de revue rédigé par David Gilichinsky et son groupe de recherche (1) que nous avons

découvert que les premières mises en évidence de bactéries dans le cryosol arctique avaient été publiées dès 1911 (2), et plus spécifiquement dans le pergélisol dès 1912(3). Ces recherches, pour la plupart menées par des laboratoires russes, sont restées ignorées des chercheurs occidentaux pendant une bonne partie du vingtième siècle pour des raisons à la fois politiques (la guerre froide) et linguistiques, la plupart des chercheurs de l'ex-union soviétique publiant leurs travaux localement dans des journaux en langue russe non-distribués à l'étranger. Dès 1944, par exemple, on savait déjà que des bactéries sont capables de survivre à 1000 ans de congélation dans le pergélisol (4). David Gilichinsky a été un des premiers spécialistes de la microbiologie des cryosols sibériens à briser cet isolement en publiant en anglais dès 1992 (5). Malheureusement, ses résultats ont d'abord été présentés dans le contexte d'études destinées à établir la possibilité d'une vie microbienne extraterrestre (notamment martienne), et donc publiés dans des journaux sans visibilité auprès des microbiologistes traditionnels (comme « *Advances in Space Research* » ou « *Astrobiology* »). Du côté occidental, l'exploration de la microflore arctique (Manitoba, Yukon, Alaska) semble avoir débuté beaucoup plus tard qu'en Union Soviétique, les premières publications de quelques groupes américains consacrées au pergélisol datant, à notre connaissance, du début des années 60 (6).

En 1967, l'annonce de la résurrection d'un plant de Lupin arctique (*Lupinus arcticus*) à partir d'une graine congelée depuis plus de 10 000 ans allait grandement populariser les recherches sur le pergélisol et les formes de vie capable d'y survivre pendant des milliers, voire des millions d'années. Ironie de l'histoire, ce résultat a été invalidé depuis (7) ; mais il illustre parfaitement la difficulté majeure de toute recherche paléobiologique : se prémunir des contaminations du présent. Ainsi, si plusieurs groupes affirment qu'ils ont été capables de ressusciter certaines bactéries (comme *Exiguobacterium*) à partir de pergélisol datant de plus d'un million d'années, cet âge record reste mis en doute par d'autres. Une ou deux centaines de milliers

d'années semble un consensus plus raisonnable de viabilité. Mais la grande majorité des études n'explorent pas au-delà de 50 000 ans AP (avant le présent), qui est la limite d'utilisation de la datation au radiocarbone. Pour fixer les idées, il semble que les Néandertaliens aient disparu d'Europe il y a 40 000 ans. Le dernier maximum glaciaire est lui daté de 21 000 ans. En terme géologique, le Pleistocène supérieur s'achève il y a 11 000 ans.

2012 : PREMIER CONTACT DE NOTRE LABORATOIRE AVEC LE PERGÉLISOL

C'est en mars 2012 que l'équipe de David Gilichinsky annonce qu'elle a été capable de régénérer une petite plante à fleur (*Silene stenophylla*) à partir d'un fruit conservé dans un terrier d'écureuil figé dans le pergélisol depuis environ 32 000 ans (8). Contrairement aux travaux précurseurs sur le Lupin arctique (7), cet âge record est, cette fois, confirmé par une datation au radiocarbone directement réalisée sur les restes de plante. Il est donc établi qu'un organisme multicellulaire eucaryote peut être « ressuscité » après plusieurs milliers d'années de congélation dans le pergélisol. Cette nouvelle tombe à pic, alors que nous avons déjà réorienté une partie de notre laboratoire vers la recherche tous azimuts de nouveaux virus géants infectant les amibes, notamment dans divers environnements aquatiques (des côtes chiliennes à des étangs australiens) d'où nous venions d'isoler les premiers membres de ce qui deviendra la nombreuse famille des *Pandoraviridae* (9). Enthousiasmés par le travail de Gilichinsky, nous pensons immédiatement : « s'ils sont capables de ressusciter une plante, pourquoi ne serions-nous pas capables de faire de même avec un virus » ? Aussitôt dit, aussitôt fait, un courriel de félicitation et de proposition de collaboration est adressé à David Gilichinsky ... il restera tragiquement sans réponse. Nous réaliserons un peu plus tard (par une note en bas de page de l'article), qu'il est brutalement décédé entre la date de l'acceptation du manuscrit et celle de sa publication (<http://davidinmemoriam.blogspot.com/>).

Après avoir redirigé notre courrier à un autre des auteurs, notre demande a rapidement abouti au lancement d'une collaboration avec le reste de l'équipe spécialisée dans l'étude du pergélisol constituée depuis des années par David Gilichinsky à Puschino, au sein de l'Institut des problèmes physico-chimiques et biologiques des sciences du sol. Ce premier projet de virologie environnementale du pergélisol l'aurait probablement enthousiasmé.

2014-2015 : NOS PREMIÈRES TENTATIVES D'ISOLEMENT DE VIRUS DE PERGÉLISOL ANCIEN

Accord de collaboration conclu, nous avons rapidement reçu une partie du même échantillon de pergélisol d'où provenait la plante ressuscitée. Nous avons immédiatement entrepris une analyse métagénomique (extraction de l'ADN total et séquençage massif) de ce matériel à l'apparence d'une tourbe fibreuse, et sa mise en culture sur un tapis d'amibes *Acanthamoeba castellanii*. Ce point qui peut paraître un détail est en fait fondamental. Le seul moyen d'isoler un virus est de lui proposer un

« hôte » cellulaire adéquat au sein duquel il va pouvoir se reproduire sous la forme de milliers de particules virales inertes, mais capable à leur tour d'infecter des cellules du même type, ainsi de suite. Ce n'est qu'après avoir maîtrisé cette production que l'on peut étudier la structure et la physiologie du virus à l'aide des multiples techniques dont nous disposons : microscopie électronique, génomique, transcriptomique, protéomique, etc. Sans hôte donc, pas de virus.

Mais, le choix de l'hôte n'est pas qu'un détail de protocole opérationnel. Il est fondamental car il conditionne les risques sanitaires, et donc le niveau de sécurité dont devront être entourées toutes les expériences subséquentes sur le virus nouvellement isolé. L'utilisation d'un hôte (de laboratoire), plutôt qu'un autre, définit en quelque sorte une fenêtre (étroite) sur la diversité virale qu'on s'autorise à explorer. En continuité historique avec la découverte de *Mimivirus*, nous sommes restés fidèle aux amibes du genre *Acanthamoeba*, pour plusieurs raisons : 1) les amibes appartiennent aux protozoaires (des organismes eucaryotes unicellulaires) dont aucun virus n'avait été caractérisé avant *Mimivirus* ; 2) les amibes du genre *Acanthamoeba* sont parmi les plus faciles à cultiver en laboratoire, capable de se multiplier dans un milieu axénique (stérile) ; 3) ces amibes sont ubiquitaires (sols, milieux aquatiques de toutes natures) et permettent donc un échantillonnage exhaustif de toutes sortes d'environnements ; enfin, 4) bien que proches de nous en terme de physiologie cellulaire fondamentale (organelles et métabolisme eucaryote), les amibes sont évolutivement très distantes du phylum dont les animaux sont issus, et dont elles ont divergé il y a environ 1 milliard d'années. Il y a donc une probabilité infime que les virus d'amibes isolés de l'environnement puissent poser le moindre risque d'infections pour les personnels les manipulant. Ce point est évidemment crucial lorsque que l'on prétend vouloir ressusciter des virus inconnus, contemporains de l'extinction des Néandertaliens, ce que nous étions sur le point d'accomplir.

PITHOVIRUS SIBERICUM ET MOLLIVIRUS SIBERICUM : LES DEUX PREMIERS VIRUS « ZOMBIES »

Quelques grammes de l'échantillon de pergélisol remis en suspension et déposés sur un tapis d'amibes, et les voici qui, après quelques jours, commencent à dépérir. Une conclusion, triviale et tautologique : si nos amibes meurent, c'est qu'il y a quelque chose qui les tue ! De plus, nous constatons que cette mortalité semble s'accompagner de la multiplication de micro-organismes bizarres, visibles au microscope optique, mais sans ressemblance avec des bactéries connues (dont la croissance

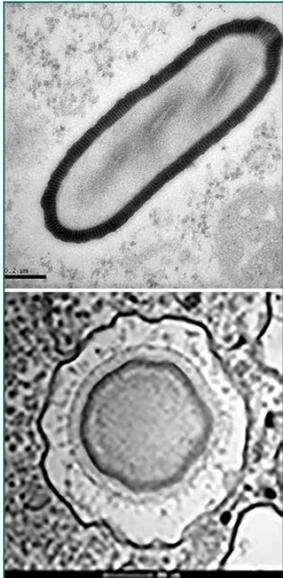


Fig. 3 : Micrographie électronique (coupes fines) de particules de *Pithovirus sibericum* (haut), et de *Mollivirus sibericum* (bas).
Source : IGS-CNRS.

Pithovirus sibericum (10) est oblongue (500 nm de diamètre, jusqu'à 2000 nm de longueur). Celle de *Mollivirus sibericum* (11) est d'apparence sphérique (mais déformable, d'où son nom), et fait environ 600 nm de diamètre (Fig. 3).

Bien que dotés tous les deux d'un ADN génomique d'environ 600 000 bases (respectivement 610 kb et 652 kb), leurs contenus génomiques sont très différents, correspondant à une réplication intra-cytoplasmique pour *Pithovirus* (10), et partiellement nucléaire pour *Mollivirus* (11). Une fois les génomes de ces deux virus décryptés, nous avons pu détecter la présence de fragments de leurs séquences dans les données de métagénomiques provenant du séquençage de l'ADN total de l'échantillon de départ, encore qu'en très petite proportion (de l'ordre du millionième). Ce résultat démontrait à la fois la présence des deux virus dans l'échantillon d'origine de pergélisol, mais aussi l'absence de risque infectieux à manipuler des échantillons environnementaux de ce type avant d'initier l'amplification du très faible contenu viral à l'aide de l'hôte de laboratoire approprié.

Si la découverte simultanée de deux nouvelles familles de virus géants infectant les amibes a reçu un accueil enthousiaste au sein de la communauté de virologie fondamentale (précisons quand même qu'après en avoir décliné l'examen, la revue Science a piteusement consacré plusieurs éditoriaux à nos travaux qu'ils avaient refusé sans appel!), c'est la démonstration que des virus

pouvaient être réactivés après 32 000 ans passés dans le pergélisol qui a enflammé les médias, initiant la thématique de « Zombie virus », qui resurgit périodiquement dans le contexte des étés arctiques de plus en plus chauds. La Sibérie, en particulier, se réchauffe deux fois plus vite que le reste de la planète. Au gré des articles de vulgarisation, l'inoffensif *Pithovirus* est devenu l'illustration incontournable du Zombie virus, jusqu'à servir de couverture à un livre de science-fiction à succès, et avoir une peluche à son effigie (Fig. 4).

QUEL SONT LES RISQUES INFECTIOLOGIQUES VÉRITABLEMENT LIÉS À LA FONTE DU PERGÉLISOL ?

Comme nous l'avons mentionné précédemment, le risque infectieux lié à la persistance de bactéries dans le pergélisol est connu depuis longtemps, grâce notamment aux travaux de l'école russe de microbiologie des sols. La persistance de spores de la bactérie *Bacillus anthracis*, agent de la maladie du « charbon » (*anthrax* en anglais), dans les couches superficielles de pergélisol est la cause bien documentée d'une multitude d'épidémies qui ont ravagé les troupeaux de rennes au cours de l'histoire contemporaine, les années particulièrement chaudes étant associées à un risque accru de remettre en circulation des agents infectieux. Des chercheurs russes ont estimé que le pergélisol sibérien renferme 1,5 millions de carcasses de rennes infectés par la bactérie du charbon, dont les spores sont connues pour y survivre plus de 100 ans (et sans doute beaucoup plus). En 2007, la Russie a interrompu le programme de vaccination des troupeaux mis en place à l'époque soviétique, ouvrant la porte à une

résurgence de la maladie, dont la dernière en date a eu lieu en 2016 dans la péninsule de Yamal, à la suite d'un été très chaud qui a probablement exhumé les restes de rennes morts au cours d'une épidémie datant de 75 ans.

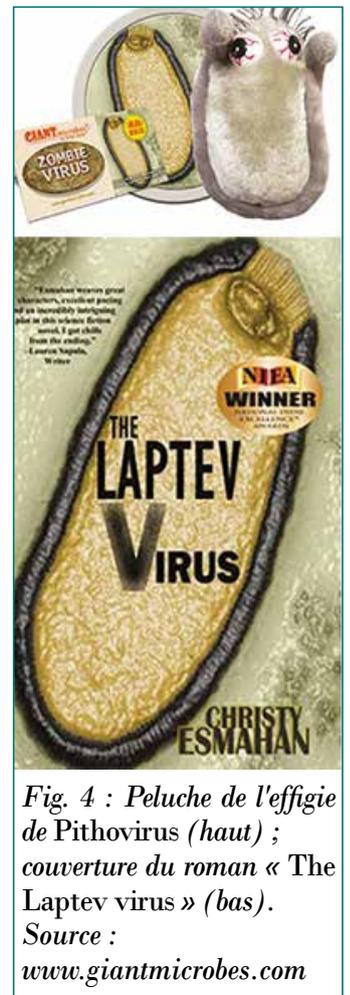


Fig. 4 : Peluche de l'effigie de *Pithovirus* (haut) ; couverture du roman « The Laptev virus » (bas).
Source : www.giantmicrobes.com

Toujours à la limite de la couche active du pergélisol, une équipe de chercheurs français a aussi révélé en 2012 la présence d'ADN génomique du virus de la variole au sein des tissus d'un corps momifié inhumé il y a environ 300 ans dans la région de Yakutsk (République de Sakha, Sibérie orientale) (12). Les réglementations internationales concernant la manipulation de ce virus officiellement éradiqué depuis 1980 ont interdit toute tentatives de réactivation du virus, dont on ne sait donc pas quelle proportion des particules, même faible, aurait pu rester infectieuses. Mais la libération de virus des couches superficielles de pergélisol, même si elle s'amplifie en moyenne chaque été, ne nous paraît pas associée à un danger qualitativement nouveau. Dès qu'elles apparaissent à la surface, les particules virales sont soumises au pouvoir stérilisant de la lumière et de l'oxygène de l'air, puis sont emportées par les eaux de ruissellement dans le cours d'eau le plus proche, où elles se diluent bien avant d'atteindre la mer.

LE VRAI RISQUE RÉSIDE PLUTÔT DANS LE PERGÉLISOL PROFOND

Avec la découverte et la réactivation de *Pithovirus* et de *Mollivirus* à partir de pergélisol prélevé à environ 30 mètres de profondeur, nous avons changé d'échelle, en passant d'un intervalle de dimension historique à un intervalle quasi-géologique, ces deux virus datant de 30 000 ans et donc, formellement, du Pleistocène supé-



Fig. 5 : Dr. Eugène Christo-Foroux, alors thésard, posant fièrement avec la défense de mammouth qu'il vient de trouver sur la berge du fleuve Kolyma, sur le site de Duvanny yar. (août 2019). Source : IGS-CNRS.

rieur. Or cette période est contemporaine de l'extinction rapide de plusieurs grands animaux alors très abondants tels que les rhinocéros laineux (il y a 14 000 ans), les mammoths (il y a 10 000 ans) (Fig. 5), ou les derniers Néandertaliens (il y a 30 000 ans). Ainsi, les mêmes échantillons de pergélisol qui ont livré nos virus d'amibes préhistoriques pourraient être la source de virus encore infectieux, ayant participé à l'extinction de ces espèces, mais encore jamais entrés en contact avec les espèces modernes de ruminants, éléphants ou autres mammifères, dont l'homme. Leur éventuelle pathogénicité dans le contexte actuel est donc inconnue et imprévisible.

Nos recherches récentes, encore non-publiées, ont confirmé que des virus d'amibes appartenant aux familles de virus que nous avons précédemment décrites pouvaient être réactivés à partir d'échantillons de tissus animaux congelés depuis environ 28 000 ans (site paléolithique de Yana RHS) (Fig. 6). Il paraît donc tout à fait raisonnable d'envisager que des virus à génome ADN capables d'infecter des cellules de mammifères soient présents dans ces mêmes échantillons, et aient pu également rester infectieux. La présence de tels virus est d'ailleurs détectée, en très petite proportion, par l'analyse des séquences de l'ADN total extrait de ces mêmes échantillons. Fidèle à notre principe de précaution, nous nous sommes interdits d'en tenter la moindre réactivation en utilisant comme hôte potentiel des cellules autres que celle d'*Acanthamoeba*. En effet, la réactivation de virus à la pathogénicité inconnue éventuellement capable de déclencher une épidémie incontrôlable, nous paraît un risque sans commune mesure avec l'intérêt scientifique d'une telle recherche.

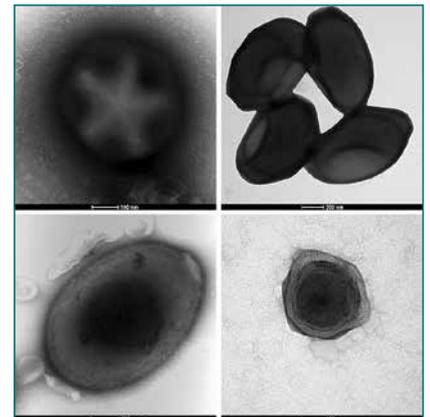


Fig. 6 : Quatre nouveaux virus d'amibe « ressuscités » à partir de restes animaux congelés extraits de couche de pergélisol datant d'environ 28 000 ans (AP). De gauche à droite et de haut en bas : Megavirus, Pandoravirus, Pithovirus, « Pacman virus » (cousin d'Asfarvirus). © J-M Claverie & C Abergel.

Malheureusement, cet avis n'est pas partagé par tout le monde, puisque l'Institut russe Vector, situé à Novosibirsk, vient d'annoncer son intention de lancer un pro-

gramme de « paléovirologie » à partir de restes animaux exhumés de pergélisol ancien (rhinocéros, mammouth, etc). Ce laboratoire, un des fleurons des recherches militaires en microbiologie de l'ère soviétique, reste l'un des deux sites à pouvoir légalement détenir le virus de la variole, et devrait pouvoir travailler au plus haut niveau de biosécurité (BSL-4). Mais une explosion récente sur ce site (septembre 2019) n'est pas de nature à nous rassurer totalement.

Mais au-delà des risques microbiologiques résultant de la fonte périodique des couches superficielles de pergélisol, et des quelques recherches scientifiques limitées à la microflore des mammouths, nous sommes beaucoup plus inquiets du danger venant du développement rapide de l'exploitation industrielle du littoral arctique russe (mer de Laptev, mer de Sibérie orientale), région où des couches de pergélisol profondes de plusieurs centaines de mètres et vieilles d'un million d'années surplombent un sous-sol riche en ressources minérales de toutes sortes (hydrocarbures, barytine, apatite, cuivre, nickel, zinc, tungstène, uranium, or, argent, diamant, fer, platine). Le réchauffement climatique y réduit considérablement la banquise d'été et accroît les possibilités d'accès aux ressources naturelles par la mer. Pour faciliter l'implantation de sites industriels dans ces régions désertes, la Russie dispose désormais de centrales nucléaires flottantes capables de subvenir aux besoins énergétiques de 100 000 personnes.

Afin d'atteindre les minerais précieux que recèle le sous-sol, des dizaines de millions de tonnes de pergélisol devront au préalable être déblayées, dans d'énormes exploitations à ciel ouvert de centaines de mètres de profondeur et de largeur (comme la mine de diamant de Mirny). Cette étape aura donc le potentiel de remettre en circulation à relativement court-terme une microflore et des virus pouvant dater de près d'un million d'années, et de les mettre en contact avec un nombre important de travailleurs sans la moindre barrière de biosécurité microbiologique. Or, nos connaissances sur la viabilité potentielle de virus au-delà de 50 000 ans (la limite de la datation au carbone 14), sont rigoureusement nulles.

Si l'on peut faire l'hypothèse que des bactéries, même très anciennes, puissent être sensibles aux antibiotiques dont nous disposons, comment apprécier le risque de l'éventuelle réactivation de virus dont nous ne savons rien, et qui ont peut-être causé de dramatiques épidémies chez les mammifères, ou les hominidés dont ils étaient contemporains ? La crise de la Covid-19 nous a encore une fois rappelé à quel point chaque virus était unique,

et qu'il n'existe pas d'antiviraux à large spectre. Il serait donc important que des conventions internationales établissent une liste minimale des équipements sanitaires (capacité diagnostique, capacité d'isolement) et des procédures d'alerte à mettre en place au cas (extrêmement improbable) où un « Zombie virus » viendrait par inadvertance franchir la frontière entre la fiction et la réalité.

RÉFÉRENCES

- (1) Gilichinsky D *et al.* (2008) Bacteria in Permafrost, *in*: R. Margesin *et al.* (eds.), *Psychrophiles: from Biodiversity to Biotechnology*, p. 83-102. Springer-Verlag, Berlin.
- (2) Omelyansky V (1911) Bacteriological investigation of Sanga mammoth and nearby soil. *Arkhir biologicheskikh nauk*, N 4 : 335-340.
- (3) Isachenko B (1912) Some data on permafrost bacteria. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo Botanicheskogo Sada*, 12 (N 5-6): 140.
- (4) Kriss AE, Grave NA (1944) On microorganisms in one thousand-year-old permafrost. *Mikrobiologiya*, 13 : 251- 255.
- (5) Gilichinsky DA *et al.* (1992) Long-term preservation of microbial ecosystems in permafrost. *Advances in Space Research*, 12 : 255-63.
- (6) Boyd WL, Boyd JW (1964) The presence of bacteria in permafrost of the Alaskan arctic. *Canadian Journal of Microbiology*, 10 : 917-919.
- (7) Zazula GD *et al.* (2009) Radiocarbon dates reveal that *Lupinus arcticus* plants were grown from modern not Pleistocene seeds. *New Phytologist*, 182 : 788-792.
- (8) Yashina S *et al.* (2012) Regeneration of whole fertile plants from 30,000-y-old fruit tissue buried in Siberian permafrost. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 109 : 4008-4013.
- (9) Philippe N *et al.* (2013) Pandoraviruses : amoeba viruses with genomes up to 2.5 Mb reaching that of parasitic eukaryotes. *Science*, 341 : 281-286.
- (10) Legendre M *et al.* (2014) Thirty-thousand-year-old distant relative of giant icosahedral DNA viruses with a pandoravirus morphology. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 111 : 4274-4279.
- (11) Legendre M *et al.* (2015) In-depth study of *Mollivirus sibericum*, a new 30,000-y-old giant virus infecting *Acanthamoeba*. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 112 : E5327-5335.
- (12) Biagini P *et al.* (2012) Variola virus in a 300-year-old Siberian mummy. *New England Journal of Medicine*, 367: 2057-2059.

ENTRETIEN : LA FONDATION TARA Océan, UN PROJET FRANÇAIS UNIQUE AU MONDE.



Romain Troublé Directeur général de la Fondation Tara Océan aux côtés de son Président Etienne Bourgois, a aimablement accepté de répondre aux questions de Véronique Machelon et Christian Girault. Il est depuis 2004 en charge de la direction opérationnelle des expéditions de la goélette Tara et également Président de la plateforme Océan & Climat depuis 2017. Titulaire d'un Master en biologie moléculaire et d'un Master à HEC-Telecom Paris, il a également été régatier professionnel au plus haut niveau avec, notamment, deux participations à la Coupe de l'America pour les défis français en 2000 et 2003 à Auckland (Nouvelle-Zélande). De 2003 à 2006, il a travaillé pour une société spécialisée en logistique polaire en Arctique, Antarctique et en Sibérie pour des expéditions sportives, touristiques ou scientifiques aux pôles ainsi que des découvertes de mammouths congelés.

Résumé : Chaque année le 8 juin est la journée mondiale de l'Océan, une date particulièrement honorée à la Fondation Tara Océan, créée en 2016, première fondation reconnue d'utilité publique dédiée à l'océan, en France. Lors de l'adoption par l'Onu en 2015 de l'agenda 2030 avec les objectifs de développement durable, l'océan n'avait pas reçu toute l'attention. Ce n'est qu'en 2017 que les Nations-Unies ont véritablement remis l'océan à la place qu'il mérite.



Fondation Tara Océan. Source : S. Bollet.

LA FONDATION TARA Océan, SON ORIGINE ET SES OBJECTIFS

Suite à l'acquisition en 2003 de la goélette Tara, la Fondation Tara Océan fut créée avec pour objectif de réaliser des missions scientifiques longues pour apprendre à connaître le monde des océans. Construite il y a 32 ans à la Garenne Colombes par deux architectes français, Olivier Petit et Luc Bouvet, devenue Tara il y a 18 ans, cette goélette conçue à l'origine pour naviguer dans les mers polaires, sillonne aujourd'hui les mers du globe sous pavillon français. Tara Arctic, Tara Océan, Tara

Pacific, autant de grandes expéditions qui se sont succédé. Aujourd'hui la mission Microbiome, partie le 12 décembre 2020, navigue au large de l'Amérique Latine dans l'Atlantique, après avoir remonté les côtes chiliennes. Son périple le long des côtes du Chili a aussi permis en complément de réaliser des échantillonnages dans les canaux de Patagonie. Après un arrêt technique à la Martinique, la goélette est repartie le 16 août pour descendre l'Atlantique jusqu'en Antarctique avant de rejoindre l'Europe par l'Afrique de l'Ouest. Fin de la mission et retour à Lorient sont prévus à la mi-octobre 2022.

LES EXPÉDITIONS DE LA FONDATION TARA Océan EN QUELQUES CHIFFRES

- 11 expéditions
- 100 000 espèces marines microscopiques découvertes
- 400 000 km parcourus dans tous les océans
- 7 scientifiques, 6 marins, un artiste et un correspondant en permanence à bord
- Plus de 100 000 échantillons collectés
- Plus de 150 publications scientifiques, dont 15 dans les revues Nature, Cell et Science par les chercheurs associés
- 100 000 enfants sensibilisés à bord en France et autour du monde
- 2 millions de visiteurs dans les expositions Tara

LES MISSIONS DE LA FONDATION TARA Océan

L'océan et sa biodiversité sont intimement liés au climat, mais jusqu'à présent nous manquons de données d'observation et d'expérimentation sur le long terme. C'est l'objectif que s'est fixé la Fondation en organisant avec le CNRS, le CEA et l'EMBL, des missions de longue durée qui ont permis de recueillir un ensemble de don-



Expédition sur la goélette Tara. © Fondation Tara Océan

nées de grande portée mises à la disposition des équipes de recherche du monde entier. Elles procurent des connaissances fondamentales pour comprendre et anticiper les changements à venir, et des outils pour sensibiliser les sociétés humaines sur l'importance capitale des océans et la nécessité de les préserver.

Les eaux tempérées et polaires jouent un rôle crucial dans la capture du carbone atmosphérique et son stockage dans l'océan. L'océan absorbe un quart de nos émissions de CO₂ et produit 50 % de l'oxygène que nous respirons. Par le mécanisme de photosynthèse, les micro-algues marines alimentent autant l'atmosphère en oxygène que les immenses forêts terrestres. En absorbant une part importante du CO₂ atmosphérique, l'océan atténue le réchauffement de la planète mais, en contrepartie, il s'acidifie, menaçant notamment les organismes à structure calcaire. Ainsi, depuis le début de la révolution industrielle, l'acidité de l'océan a augmenté de 30 %. Un océan plus chaud, plus acide, moins oxygéné sera-t-il aussi productif ? Sera-t-il toujours un aussi bon puits de carbone ? Les collectes de données réalisées par Tara concernant le plancton, les récifs coralliens et le microbiome dans une approche très originale permettent d'avoir une vue globale.

LA MISSION MICROPLANCTON

Au travers de sa mission Microplancton qui s'est achevée en 2017, et qui a donné lieu à 130 publications dont quinze dans les prestigieuses revues Science, Nature et Cell dont deux couvertures de la revue Cell en 2019, la Fondation Tara Océan s'est fixé comme objectif de comprendre comment va évoluer l'océan en tant qu'acteur du climat, notamment à travers l'étude du plancton océanique. Ces données ont été utilisées dans le

monde entier et ont, entre autre, permis à une équipe tierce d'identifier trois candidats potentiels pour la première bactérie apparue sur Terre, ou l'estimation de la biomasse totale de la planète par Ron Milo et son équipe. Par ailleurs, l'étude des récifs coralliens fera l'objet d'une série d'articles en instance de publication.



Plongées – Ile Ducie. © Pete West - Fondation Tara Océan.

LA MISSION MICROBIOME

Ces quinze dernières années, la Fondation Tara Océan n'a cessé, mission après mission, de repousser les frontières de notre connaissance sur l'écosystème le plus vaste et le plus important de notre planète : l'Océan. Tara Océan a révélé plus de 150 millions de gènes planctoniques et 95 % des virus marins connus. Tara Méditerranée et Tara Microplastiques ont mis en lumière les conséquences dramatiques de la pollution plastique en mer et son origine. Les 50 000 échantillons récoltés lors de Tara Pacific permettent aujourd'hui de décrypter l'impact du changement climatique sur les récifs coralliens. Tout récemment, la mission Microbiome (décembre 2020-octobre 2022), ainsi nommée par analogie avec le microbiote, a pour objectif de comprendre le fonctionnement de cette communauté de microorganismes (virus, bactéries, algues) vivant dans l'Océan, qui rendent des services écosystémiques déterminants pour l'absorption du carbone et la production d'oxygène. Cette nouvelle mission va donc, plus que jamais, prendre le parti d'une approche globale et aborder l'écosystème océanique comme un tout en prenant en compte la base fondamentale de l'écosystème océanique : le microbiome, premier maillon d'une longue chaîne alimentaire, acteur crucial de la régulation du climat, dont les profils reflètent la hausse des températures et la présence de polluants extérieurs. Tout ce que nous déversons dans l'eau depuis des décennies : engrais, pesticides,

métaux lourds, hydrocarbures, résidus de médicaments, de crème solaire et plastiques sous toutes ses formes etc. Le 12 décembre 2020, la goélette Tara s'est élancée de Lorient, son port d'attache en Bretagne, pour une nouvelle grande expédition scientifique. Après avoir révélé depuis 10 ans les secrets du plancton et alerté sur la pollution plastique de l'Océan, la Fondation Tara Océan et ses partenaires scientifiques étudieront le fonctionnement de la vie marine et sa sensibilité aux hausses de températures et aux pollutions anthropiques. Durant près de deux ans, la goélette parcourra 70 000 km en Atlantique Sud, le long des côtes sud-américaines, en Antarctique et en Afrique de l'Ouest. Au cours de 23 escales, les équipes iront à la rencontre des publics, des politiques et des chercheurs et chercheuses locaux. Cette expédition est conçue avec de nombreux partenaires dont 38 institutions scientifiques internationales, notamment avec le centre national du séquençage (UMR 8030 dirigée par Patrick Wincker) du Génomoscope du CEA, dans le cadre du projet européen AtlantEco (H2020) dirigé par le chercheur italien Daniele Lucidone, chercheur principal à la Station zoologique A. Dohrn (Italie). En 2015, le séquençage des bactéries collectées lors de la mission Tara Océans a révélé que 40 % des bactéries marines sont communes à notre microbiote intestinal.

LES MISSIONS PÉDAGOGIQUES DE LA FONDATION TARA OcéAN

Les missions de la Fondation Tara Océan ne se limitent pas à l'organisation d'expéditions en mer et à la diffusion des données recueillies. Elle intervient aussi auprès des grands organismes internationaux tels que l'Onu et s'est aussi fixé des projets pédagogiques comme la diffusion de l'information auprès du grand public au travers d'expositions, d'interventions sur les radios et les chaînes de TV, ou auprès de publics plus ciblés par exemple les enfants. Une équipe de quatre personnes produit des dispositifs pédagogiques et intervient dans les écoles, formant 1500 professeurs par an et touchant ainsi plus de 100 000 élèves via leur professeur. Ces projets peuvent aussi bénéficier de l'aide financière des collectivités locales comme par exemple à Lorient, en Bretagne, ou en Aquitaine. La Fondation travaille aussi en lien étroit avec la Fondation La main à la pâte, créée en 2016 dans la dynamique initiée par le prix Nobel Georges Charpak pour faire découvrir aux élèves des écoles une science vivante et accessible.

CONCLUSION

Cette dernière expédition de deux ans au cœur du monde microbien prend une envergure particulière en pleine pandémie mondiale, alors que nous nous retrouvons si démunis face à un virus inconnu. Plus nous saurons à quoi ressemblent les micro-organismes de notre planète et quels sont leurs rôles, plus nous pourrions peut-être apporter des solutions efficaces et rapides face à de futures pandémies. Mais il faut aussi rappeler qu'au-delà de certains virus et bactéries qui nous frappent parfois durement, une multitude de micro-organismes - notamment océaniques - nous sont en réalité indispensables. Comme nous ne pourrions vivre sans les milliards de « gentils » microbes qui peuplent notre corps, notre planète ne serait pas viable sans la présence de ce microbiome marin qui en régule les grands équilibres. Pourtant, celui-ci subit aujourd'hui d'inquiétantes menaces : réchauffement climatique, pollutions diverses, sans que nous n'en connaissions encore les conséquences. À nous de plonger au plus vite dans ce monde méconnu, avant qu'il ne soit trop tard. Aujourd'hui, la Fondation Tara est plus que jamais mobilisée pour continuer à mener ses longues missions, un projet qui ne s'arrête pas à un bateau car les urgences sont immenses, mais fait appel à de multiples collaborations favorisant les échanges. Un vrai projet de société en somme...

REMERCIEMENTS

Nous remercions Romain Troublé qui a aimablement accordé un entretien le 11 juin 2021 à Véronique Machelon et Christian Girault ainsi que Laure-Emanuelle Thiébaud pour la relecture de l'article.

Humanités environnementales : en finir avec l'exception humaine ?



Florent Kohler est anthropologue, maître de conférences à l'université de Tours, au département d'Espagnol et de Portugais. Spécialiste de l'Amazonie et intéressé par la sociozoologie (étude sociologique des sociétés non-humaines), il est rattaché au laboratoire « Interactions culturelles et discursives » (ICD, EA 6297) et co-dirige l'axe « Humanités environnementales » de la Maison des sciences de l'Homme Centre-Val-de-Loire. Ancien expert auprès de l'IPBES (Plateforme internationale d'interface science/politique pour la biodiversité et les services écosystémiques – le « GIEC de la biodiversité »), il a coordonné un chapitre de l'évaluation internationale sur la dégradation et la restauration des terres (2018). Il est depuis 2017 membre du Conseil national de protection de la nature auprès du ministère de la Transition écologique.

Résumé : Face à la dégradation de la vie terrestre et marine, les sciences humaines et sociales ne sauraient rester indifférentes. Longtemps l'apanage des sciences naturelles, la conservation et la protection de la nature font l'objet d'une attention croissante de la part de sociologues, historiens, économistes, juristes, linguistes etc., faisant émerger un champ disciplinaire nouveau : les Humanités environnementales. L'implication de disciplines rattachées aux sciences humaines et sociales permet d'aborder la question sous différents angles, dont on citera les trois principaux : l'angle critique (historiciste/constructionniste), l'angle descriptif-analytique, et finalement un angle qu'on pourrait qualifier « d'engagé » ou « citoyen », poursuivant un objectif commun aux sciences de la nature et aux sciences humaines et sociales : protéger les systèmes terrestres de manière à ce que nous puissions continuer d'y vivre.

L'un des pionniers de l'écologie, mais aussi de la philosophie de l'environnement, est sans conteste Aldo Leopold (1887-1948), qui fut un temps responsable du département de protection de la nature et des forêts du Gouvernement des États-Unis. Dans son essai « Penser comme une montagne » apparut dans son œuvre en anglais (Fig. 1) puis traduit plus tard en français (1), il expose comment, lors d'une excursion en forêt, il vit une louve accompagnée de ses petits. C'était l'époque où les loups étaient considérés comme nuisibles. Il tira et la blessa à mort. S'approchant de la louve agonisante entourée de ses petits, il vit son regard s'éteindre, une flamme verte flottant jusqu'au dernier instant. En un éclair de conscience, A. Leopold fut convaincu qu'il fallait cesser de penser comme un homme, pour penser « comme une montagne », c'est-à-dire raisonner comme partie intégrante de la nature, dont fait partie la louve. Il prôna depuis lors une approche dite « écocentrée » où l'homme est partie intégrante et dépendante de la nature (et de ce

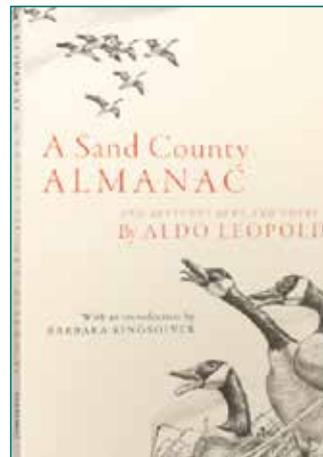


Fig. 1 : Version originale (1949) de l'œuvre d'Aldo Leopold, pionnier de l'écologie moderne.
Source : The Aldo Leopold Foundation.

fait la considère avec respect), et l'abandon de l'approche « anthropocentrée » qui fait de l'homme « le maître et possesseur de la nature », position qui de fait domine encore aujourd'hui. Pour le citer (1) : « une éthique de la terre fait passer l'*Homo sapiens* du rôle de conquérant de la communauté-terre à celui de membre et citoyen parmi d'autres de cette communauté. Elle implique le respect des autres membres, et aussi le respect de la communauté en tant que telle ». Repris plus tard par C. Lévi-Strauss (2) : « Un huma-

nisme sagement conçu [...] ne commence pas par soi-même mais fait à l'homme une place raisonnable dans la nature au lieu qu'il s'en institue le maître et la saccage sans même avoir égard aux besoins et aux intérêts les plus évidents de ceux qui viendront après lui ».

En fait, l'attitude prédatrice des humains à l'égard de la nature, souvent appelée « vision occidentale », repose sur l'idée que notre rapport à la nature n'est pas un lien d'appartenance, mais un rapport utilitaire, où la nature et ce qu'elle contient est à notre disposition.

Les Humanités environnementales se présentent comme un champ pluridisciplinaire nouveau, qui vise à repenser les rapports de nos sociétés à la nature (de l'être humain à son environnement) et qui fait intervenir

aussi les sociologues, les historiens, les économistes, les juristes, les linguistes ... Elles se sont données comme objectif la mise en question de la thèse très répandue de « l'exception humaine » où le monde des êtres vivants est constitué des formes de vie animales (non humaines) d'un côté, l'homme de l'autre, et qui prévalait largement jusqu'aux années 2000 (3, 4, 5).

HUMANITÉS ENVIRONNEMENTALES : TROIS ÉCOLES, TROIS APPROCHES

La question des Humanités environnementales peut être abordée sous trois angles ou approches différents : critique (historiciste/constructionniste), descriptif/analytique, citoyen/participatif.

L'approche critique (historiciste ou constructionniste) fait appel à la sociologie et à l'histoire des sciences qui tendent à considérer toute étude scientifique, toute entreprise de production de connaissance, visant notamment à protéger la nature, comme des « dispositifs socio-techniques ». L'enjeu est de mettre en évidence les systèmes de pensée à l'origine des recherches. Pour de nombreux historiens et sociologues, c'est le processus de production de la science, l'activité scientifique, qui est l'objet de leur intérêt ; pour les scientifiques, c'est le produit final, « l'assemblage de vérités et d'énoncés », qui les préoccupe. Quand les constructionnistes affirment que des entités des sciences de la nature sont socialement construites, ils provoquent en général une levée de boucliers des scientifiques et une défiance à l'égard des sciences sociales. De plus, le constructionnisme tend à réduire la réalité des choses à des successions de « récits » (narratives), ayant pour limite le fait que les résultats ne sont ni opératoires ni... constructifs. Ainsi, les « récits » autour du concept d'Anthropocène ne feraient qu'historiciser et réduire à une position circonscrite dans le temps les visions du monde.

L'approche descriptive/analytique est notamment celle de l'anthropologie et de l'histoire. Elle consiste à étudier les réseaux de relation entre les humains et leur environnement, les « socio-écosystèmes ». Sous l'impulsion de P. Descola (6) et bien d'autres, l'anthropologie de la nature met en évidence le fait que le concept même de « nature » n'existe pas chez de nombreux peuples, alors que dans l'esprit naturaliste occidental, il fonde la distinction nature/culture qui structure les sociétés anciennes et modernes. Selon cette vision alternative, les humains entretiennent avec le milieu environnant des relations sociales où les sociétés humaines ne sont que des sociétés parmi d'autres, animales ou végétales, avec lesquelles, dans un écosystème donné, sont entretenues des relations d'échange et de prédation. Du côté de l'histoire,

on distingue une approche émergente, qu'on pourrait qualifier d'histoire naturelle des sociétés humaines (7). Il s'agit, sans négliger les facteurs géopolitiques et culturels, de mettre en évidence l'interdépendance des civilisations avec les ressources environnantes. Au siècle de Périclès, par exemple, Athènes imposerait son hégémonie en mer Égée grâce à sa flotte, dépendant ainsi de l'accès au bois de construction, qui doit être cherché de plus en plus loin. Ceci impose une politique de domination qui ne peut être maintenue que par l'accès aux outils de domination : les navires. Cette approche par l'histoire et l'anthropologie a le mérite de montrer que nous ne sommes pas seulement le fruit de la culture et de l'ingéniosité, mais de ce que la nature nous offre et des conséquences qu'entraîne sa destruction. Cette approche peut également mobiliser des disciplines telles que l'archéologie, les études artistiques et littéraires, la philosophie, la linguistique..., et faire appel à des sciences naturelles telles que la paléobotanique, l'archéozoologie, la palynologie, la climatologie, de manière à reconstituer des environnements anciens. On ne peut en effet s'intéresser aux rapports entre l'homme et l'environnement sans connaître ce dernier, c'est ce qui fait des Humanités environnementales un champ d'étude pluridisciplinaire par essence.

L'approche citoyenne/participative (l'engagement). S'engager, dans la perspective des Humanités environnementales, consiste à mettre notre appareil conceptuel et nos compétences au service d'entreprises concrètes de protection, conservation ou restauration de l'environnement. La coopération avec les sciences naturelles est donc partie intégrante du projet. Cette coopération se traduit par la mise en évidence d'obstacles d'ordre culturel ou social à des politiques de conservation qui semblent, pour les écologues, aller de soi et constituer la seule solution raisonnable. Sur le terrain (nous y reviendrons), les chercheurs en sciences humaines et sociales jouent le rôle d'interface et de facilitateur des programmes de conservation et de restauration. Ils énoncent une évidence : dans la mesure où ce sont les humains qui détruisent ou affectent la nature, on ne pourra la protéger ni la restaurer sans passer par la case « humains ». Une fois ce postulat accepté, la forme d'action privilégiée est la mise en place de programmes dits « participatifs », où les communautés locales sont considérées comme des partenaires, porteurs de savoirs et d'attentes qu'il convient de respecter (cf. l'article de I. Chuine page 17). Sensibiliser les citoyens à leur environnement, les informer et leur proposer différents scénarios permet d'échapper au piège des décisions « venues d'en haut » qui peuvent susciter des réactions adverses. La sociologie, l'anthropologie, la géographie, parmi d'autres disci-

plines, s'allient dans ce cas de figure à l'écologie pour faciliter les échanges de vue (8).

Toujours selon cette perspective de l'engagement, on soulignera l'apport de sciences qui ne sont pas inféodées à un terrain, mais qui ouvrent des pistes permettant de remodeler les cadres de notre réalité. Il en va ainsi de la

territoires. D'autres pays se sont lancés dans cette voie, par le biais constitutionnel ou normatif, sans parvenir cependant à la rendre effective. Ainsi l'Équateur, qui dans sa Constitution de 2008 mentionne noir sur blanc les droits de la Terre-Mère Pachamama, n'a su résister à la tentation d'exploiter les gisements de pétrole du Parc Yasuni, provoquant d'immenses dégâts écologiques et

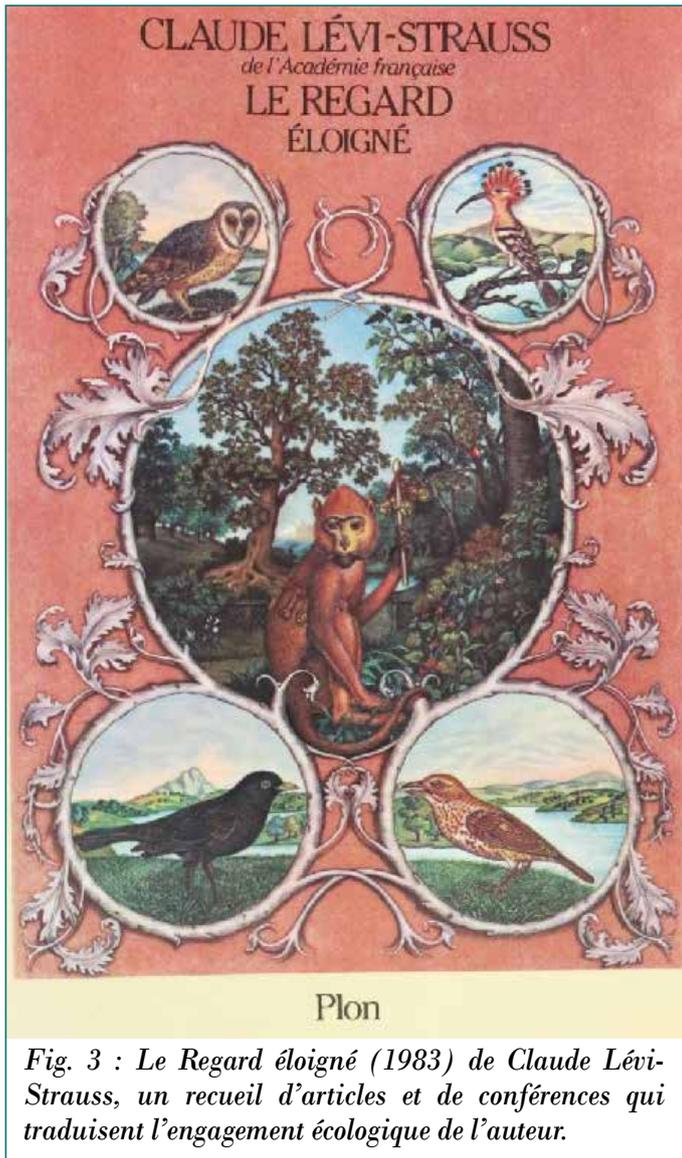


Fig. 2 : Le lac Waikaremoana, au sein du Parc National Te Urewera (Nouvelle Zélande) qui a récemment acquis le rang de personne juridique. Source : Krzysztof Golik, via Wikimedia Commons.

bioéconomie qui intègre dans ses raisonnements et calculs la finitude de la planète et des ressources naturelles. C'est aussi le cas du droit de l'environnement, statut juridique accordé à la Terre pour lutter contre les exploitations incontrôlées, lorsqu'il s'interroge sur les moyens d'élever tout ou partie de la nature au rang de personne juridique, susceptible donc d'être actrice de sa propre défense. Cette réflexion est cruciale, car elle prend le contrepied de l'idée selon laquelle la nature serait « muette ». On connaît bien le cas de la Nouvelle-Zélande, qui a accordé ce statut à un Parc National (Te Urewera – Fig. 2) et à une rivière (Whanganui), en désignant comme représentants légaux les peuples ancestraux, les Maoris. C'est aussi l'objectif affiché par le Parlement de la Loire (POLAU), créé en 2007 pour celles et ceux qui sont impliqués dans la transformation des

affectant gravement les communautés indigènes aux alentours.

Dans la mesure où c'est le droit qui définit les contours et les limites des activités humaines, on comprend l'importance de poursuivre une telle réflexion. Citons encore Claude Lévi-Strauss, qui n'est pas juriste mais anthropologue, dont l'engagement écologique est trop souvent minimisé. Il s'agit d'un extrait de conférence prononcée à l'Unesco en 1971 (2) : « (...) Si l'homme possède d'abord des droits au titre d'être vivant, il en résulte que ces droits, reconnus à l'humanité en tant qu'espèce, rencontrent leurs limites naturelles dans les droits des autres espèces. Les droits de l'humanité cessent au moment où leur exercice met en péril l'existence d'autres espèces » (Fig. 3).



LES DÉFIS

Pourquoi la notion d'écocentrisme, prônée par A. Léopold (1), est-elle importante ? Précisément parce que nous avons besoin, avant d'entreprendre toute destruction ou restauration, d'adopter une position d'humilité qui seule nous permettra de mesurer l'impact de nos décisions et de nos choix de vie. L'approche écocentrée ne minimise pas les humains, bien au contraire. Elle pose pour les générations futures, la question de la nature même du bonheur, de l'épanouissement, en se demandant ce que peut être une « vie bonne » (et non une vie motivée par l'appât du « encore plus, encore mieux ») dans un monde dévasté.

Les concepts mobilisés, comme évoqué plus haut, réintègrent les humains dans les processus naturels : on parlera donc, nous l'avons vu, de socioécosystèmes, de complexe biosocial¹ (9)... Nous en proposons un autre, à

connotation moins académique : celui de voisinage. Dans le cadre d'un programme que nous menons actuellement, nous nous attachons à présenter le castor, dans des communes où il est présent, non pas comme une créature nuisible ou dépourvue d'importance, mais comme un voisin, avec lequel on doit entretenir des relations de voisinage : le castor (comme bien d'autres espèces) cherche lui-même des stratégies d'adaptations compatibles avec la pression humaine, en modifiant son comportement. A nous, donc, de nous montrer à la hauteur...

Cette approche par la reconnexion et la réconciliation est confortée notamment par la psychologie environnementale (qui étudie nos liens à la nature et en quoi ces liens nous affectent ou nous structurent) : le contact avec la nature est indispensable à notre bien-être physique et mental, reconnectant les humains à la nature. Dans le même esprit sont développés des arguments appelant à protéger les forêts tropicales parce qu'elles recèleraient des molécules permettant de guérir les cancers. Invoquer des choses lointaines étant le plus souvent inefficace (encore un enseignement de la psychologie environnementale), mieux vaut se consacrer à une reconnexion par la proximité.

CONSERVATION OU RÉCONCILIATION ?

L'investissement par les sciences humaines et sociales du champ de la conservation amène à réévaluer les succès obtenus par des biologistes mus par un objectif de protection intégrale, excluant les humains. Si des zones protégées intégralement contre toute intervention humaine sont nécessaires (notamment pour servir de réservoir à de futurs repeuplements), elles peuvent être mal acceptées par les populations locales et susciter des réactions adverses. Ainsi, à la fin du XIX^e siècle, les lois de protection des forêts promulguées en Inde par le gouvernement britannique amena les paysans, privés de ressources en bois et aliments sauvages, à déclencher de vastes incendies en manière de protestation (10). En d'autres termes, l'écologie de la conservation peut s'avérer contre-productive : si l'on parvient coûte que coûte à protéger les dix derniers individus d'une espèce quasi-éteinte en les plaçant dans un sanctuaire, il suffit d'un braconnier pour les abattre tous en une seule nuit.

Afin d'éviter que les politiques de conservation ne se retournent contre elles-mêmes, il faut associer les populations locales à l'effort de protection, les transformer en acteurs et interlocuteurs. Cela vaut non seulement pour les éléphants ou pandas mais aussi pour ce qu'on appelle la « nature ordinaire », celle qui n'est ni remarquable, ni protégée, et qui disparaît sous nos yeux sans que nous y

prêtions attention : hirondelle rustique, lapin de garenne, et la multitude d'insectes, vers, collemboles, qui forgent et entretiennent nos paysages, préviennent l'érosion, purifient l'eau, et maintiennent la fertilité de nos terres. La protection de la nature, en effet, ne saurait se limiter aux orangs-outans, aux rhinocéros ou aux baleines – on sait que nombre d'espèces remarquables sont sous perfusion.

Cette nouvelle approche est qualifiée « d'écologie de la réconciliation » (11). Elle combine les multiples ambitions des Humanités environnementales : commencer par l'humilité, réinsérer les humains dans les processus naturels en mettant en évidence leur interdépendance, donner à connaître par des allers-retours entre scientifiques et citoyens (les scientifiques en sont eux-mêmes), faire de tout individu un acteur/interlocuteur, partie prenante de toute décision.

On comprendra la hauteur de l'enjeu si l'on sait qu'actuellement 2 % du territoire français est placé sous protection forte (porté à 10 % en 2030, selon la stratégie nationale d'aires protégées – SNAP). En d'autres termes, 98 % du territoire est peu ou pas protégé. Qu'on imagine l'outil extraordinaire que serait une campagne de sensibilisation visant à convaincre tout propriétaire ayant un jardin de laisser 10 % de ce jardin en évolution libre ! L'effort national serait ainsi démultiplié par l'adhésion des citoyens. Tel serait un des objectifs, modeste et ambitieux à la fois.

REMERCIEMENTS

Texte écrit en collaboration avec José Serrano, co-responsable de l'axe « Humanités Environnementales » de la Maison des Sciences de l'Homme Centre-Val-de-Loire.

RÉFÉRENCES

- (1) Leopold A traduit par Gibson A (1995) *Almanach d'un comté de sable*. Paris, Ed. Aubier.
- (2) Lévi-Strauss C (1971) « Race et Culture ». Confé-

rence à l'Unesco le 22 mars 1971. Texte repris dans Lévi-Strauss C (1983) *Le Regard éloigné*. Paris, Ed. Plon.

- (3) Ferry L (1992) *Le Nouvel Ordre Ecologique*. Paris, Ed. Gallimard.

- (4) Prochiantz A, Lestel D (2006) Existe-t-il une barrière entre l'homme et l'animal ? Conférence le 15 octobre 2006 dans le cadre de l'Université de Tous les Savoirs (Le Monde – Cité des Sciences).

- (5) Godin C (2000) *L'Homme et la Nature*, Paris, Éditions du Temps.

- (6) Descola P (2005) *Par-delà Nature et Culture*. Paris, Ed. Gallimard, coll. « Bibliothèque des sciences humaines ».

- (7) Diamond J (2006) *Effondrement : comment les sociétés décident de leur disparition ou de leur survie*. Paris, Gallimard.

- (8) Morizot B (2016) *Les Diplomates : cohabiter avec le loup dans les forêts de France et de l'esprit*. Wildproject.

- (9) Callicott J B (2013) *Thinking like a planet: The land ethic and the earth ethic*. Oxford University Press.

- (10) Agrawal A *et al.* (2005). Environmentalism: Community, intimate government, and the making of environmental subjects in Kumaon, India. *Current Anthropology* 46 : 161-190.

- (11) Miller J R (2006) Restoration, reconciliation, and reconnecting with nature nearby. *Biological Conservation* 127: 356-361.

NOTE

¹ La biosocialité est une notion proposée en 1978 par l'anthropologue américain Paul Rabinow afin de « décrire les dynamiques selon lesquelles se forment des groupes d'individus qui se caractérisent à la fois selon des particularités biologiques partagées et des critères sociaux, et de penser leur renforcement mutuel ». Source Wikipedia.

À l'aube de la 6^e extinction de Bruno David, 2021. Éditions Grasset, 256 pages



Juillet 2019, il fait 42,6 °C au parc Montsouris à Paris, dans le Languedoc on enregistre 46 °C à l'ombre. C'est une fournaise. Quelques mois plus tard, des tempêtes de feu ravagent l'Australie et on s'émeut de voir la faune et la flore dévorées par les flammes. Ce fameux mois de juillet

2019 aura été le plus chaud enregistré sur terre depuis que les relevés météorologiques existent. Le réchauffement climatique n'est plus une hypothèse, c'est un fait vérifiable par tous : la banquise arctique a perdu 96 % de sa surface en 35 ans, le permafrost, cette bande de gel qui ceinture le grand Nord, recule, et chaque année le niveau des océans monte un peu plus.

Mais le climat et ses effets spectaculaires ne sont que la face la plus visible d'un bouleversement de bien plus grande ampleur qui concerne la vie elle-même. Au cours de sa longue existence, notre planète a connu plusieurs crises majeures, qui, à chaque fois, ont transformé en profondeur le vivant et entraîné l'extinction de la majorité des espèces. Mais l'image d'Épinal qui montre un dinosaure regardant, l'œil inquiet, une météorite s'écraser sur la terre et provoquer son extinction brutale est un mythe. Les crises de la biodiversité avancent masquées, en silence. Ces trente dernières années, un quart des oiseaux d'Europe ont disparu et pourtant nous n'avons pas marché sur des cadavres d'oiseaux le long des routes et des chemins.

Aujourd'hui, tout laisse à penser que nous sommes à l'aube d'une sixième extinction qui arrive à une vitesse foudroyante : on estime que 500 000 à un million d'espèces sont en train de décliner et que d'ici quelques décennies elles pourraient s'éteindre. L'homme et sa consommation sans cesse croissante d'espace et d'énergie en est la première cause. Si rien n'est fait, cette nouvelle crise majeure de la biodiversité aura bien lieu, et l'humanité, dont la survie et la prospérité dépendent de l'équilibre des écosystèmes, pourrait-elle aussi disparaître.

Plus qu'un cri d'alarme, *A l'aube de la 6^e extinction* est un plaidoyer pour le vivant sous toutes ses formes et un guide pratique, à hauteur d'homme, pour éviter le naufrage, posant ainsi les jalons d'une éthique pour la planète, sans moralisme ni culpabilisation. Est-il trop tard ou pouvons-nous éviter le pire ? La réponse est entre nos mains.

La fabrique des pandémies de Marie-Monique Robin, 2021. La découverte, 350 pages



« Voir un lien entre la pollution de l'air, la biodiversité et la Covid-19 relève du surréalisme, pas de la science ! », affirmait Luc Ferry en mars 2020, accusant les écologistes de « récupération politique ». Voilà un philosophe bien mal informé. Car, depuis les années 2000, des centaines de scientifiques tirent la sonnette d'alarme : les activités humaines, en précipitant l'effondrement de la biodiversité, ont créé les conditions d'une « épidémie de pandémies ».

C'est ce que montre cet essai, mobilisant de nombreux travaux et des entretiens inédits avec plus de soixante chercheurs du monde entier. En apportant enfin une vision d'ensemble, accessible à tous, Marie-Monique Robin contribue à dissiper le grand aveuglement collectif qui empêchait d'agir. Le constat est sans appel : la destruction des écosystèmes par la déforestation, l'urbanisation, l'agriculture industrielle et la globalisation économique menace directement la santé planétaire.

Cette destruction est à l'origine des « zoonoses », transmises par des animaux aux humains : d'Ebola à la Covid-19, elles font partie des « nouvelles maladies émergentes » qui se multiplient, par des mécanismes clairement expliqués dans ce livre. Où on verra aussi comment, si rien n'est fait, d'autres pandémies, pires encore, suivront. Et pourquoi, plutôt que la course vaine aux vaccins ou le confinement chronique de la population, le seul antidote est la préservation de la biodiversité, impliquant d'en finir avec l'emprise délétère du modèle économique dominant sur les écosystèmes.

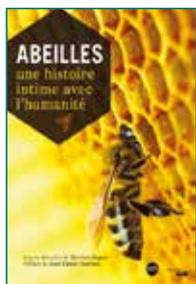
Évolution, écologie et pandémies. Faire dialoguer Pasteur et Darwin de Samuel Alizon, 2020. Éditions du Seuil, 304 pages



Comment de nouvelles maladies infectieuses apparaissent-elles ? Pourquoi certains antibiotiques cessent-ils d'être efficaces ? Quels impacts peuvent avoir les changements de mode de vie ou les politiques de santé publique sur la virulence des agents pathogènes ? La pandémie du nouveau coronavirus humain, après celles du VIH ou de bactéries multi-résistantes, illustre de manière éclatante l'importance et la rapidité de l'évolution des microbes.

A l'approche pasteurienne, qui décortique les mécanismes cellulaires pour apporter des réponses au niveau individuel, il est nécessaire d'associer une approche darwinienne qui étudie la dynamique des populations au sein de leurs environnements : seule une démarche intégrant les deux approches permettra de maîtriser les agents infectieux et de trouver des traitements tant originaux que durables. Samuel Alizon, directeur de recherche au CNRS (MIVEGEC à Montpellier), est spécialiste de l'épidémiologie et de l'évolution des maladies infectieuses.

Abeilles, une histoire intime avec l'humanité Ouvrage collectif sous la direction de Martine Regert, 2019. CNRS/Le Cherche Midi, 192 pages.



L'abeille nous fascine. Et ce n'est pas sans raisons ! L'abeille, or vif bruisant de merveilles, « si fine et si mortelle », est le seul insecte à entretenir des liens si féconds et intimes avec l'humanité. Les hommes exploitent les produits de la ruche de façon récurrente dès le début du Néolithique.

Produisant le nectar des dieux, l'abeille est dotée d'une énergie symbolique positive dans tout l'Occident. Et elle occupe une place essentielle dans les écosystèmes. Par son butinage irremplaçable, elle pollinise et permet la reproduction d'un grand nombre de plantes à fleurs, assurant l'essentiel de la production alimentaire de la planète. Or, aujourd'hui, une énorme menace plane sur la ruche. Victimes de maladies, de parasites, de prédateurs, du changement global... les populations sont décimées. Les causes sont multiples, mais les bouleversements de l'environnement, avec le développement de l'agriculture intensive et l'utilisation massive de pesticides, sont les principaux responsables de ce désastre. Nous redoutons plus que jamais la possible disparition des abeilles.

Cet ouvrage collectif est rédigé par des chercheurs du CNRS, de l'Inra et des universitaires (David Biron, Jean-Marc Bonmatin, Dorothee Dussy, Lionel Garnery, Martin Giurfa, Delphine Jullien, Martine Regert, Arnaud Zucker). Il nous dévoile le monde fascinant des abeilles – ce qu'elles ont, ce qu'elles sont et ce qu'elles font –, décrypte les liens qu'elles entretiennent avec la nature et l'humanité, et les dangers qui les guettent et qui nous menacent.

Climat : comment éviter un désastre. Solutions actuelles, les innovations nécessaires de Bill Gates 2021. Flammarion, 384 pages



Dans ce livre, Bill Gates propose un vaste plan à la fois pragmatique et accessible pour atteindre le zéro carbone à temps et éviter ainsi une catastrophe climatique.

Bill Gates a passé une décennie à enquêter sur les causes et les effets du changement climatique. Avec l'aide d'experts dans les domaines de la physique, de la chimie, de la biologie, de l'ingénierie, des sciences politiques et de la finance, il s'est concentré sur ce qui doit être fait pour empêcher une catastrophe environnementale. Dans cet essai, il explique non seulement pourquoi nous devons cesser d'émettre des gaz à effet de serre, mais détaille également ce que nous devons faire pour atteindre cet objectif crucial.

Il expose très clairement les défis auxquels nous sommes confrontés. S'appuyant sur sa compréhension de l'innovation et de ce qui est nécessaire pour introduire de nouvelles idées sur le marché, il décrit les domaines dans lesquels la technologie contribue déjà à réduire les émissions, expose les moyens de rendre la technologie actuelle plus efficace, tout en présentant les technologies de pointe nécessaires et ceux qui travaillent sur ces innovations essentielles. Enfin, il présente un plan concret pour atteindre l'objectif zéro carbone - non seulement les politiques que les gouvernements doivent adopter, mais aussi ce que nous pouvons faire en tant qu'individus pour que notre gouvernement, nos employeurs et nous-même participions à cette entreprise décisive.

Bill Gates l'affirme sans détour : atteindre le zéro carbone ne sera ni simple ni facile, mais si nous suivons le plan qu'il présente ici, c'est un objectif à notre portée.

Zoom sur la recherche en écologie au CNRS : L'INEE et le CEFE

Par Vivienne Gianinazzi-Pearson, avec la contribution de Stéphane Blanc, directeur de l'INEE, et de Marie-Laure Navas, directrice du CEFE.

INSTITUT ÉCOLOGIE ET ENVIRONNEMENT (INEE)

L'Institut écologie et environnement (INEE) est un institut de recherche fondamentale, un des dix instituts créés à l'issue de la nouvelle organisation du CNRS officialisée par un décret paru en novembre 2009. Au carrefour des Sciences de la terre, de la vie, de l'homme et de la société, l'INEE a pour mission de promouvoir et d'animer une recherche fondamentale d'excellence en écologie globale menée par un réseau d'unités de recherche dans les domaines de l'écologie et de l'environnement, incluant la biodiversité et les interactions hommes-milieux. Son objectif est de comprendre et de relier entre eux les processus écologiques et évolutifs aux multiples impacts du changement global, qu'ils soient liés aux changements climatiques ou aux activités humaines. Les sections actuelles du Comité national pilotées par l'INEE sont : Biodiversité, évolution et adaptations biologiques : des macromolécules aux communautés (29), Hommes et milieux : évolution, interactions (31), Surface continentale et interfaces (30 en pilotage avec l'Insu) et Environnements sociétés : du fondamental à l'opérationnel (CID52).

Ainsi, l'INEE stimule les recherches et les études sur le fonctionnement et la dynamique des écosystèmes et des anthroposystèmes, à différentes échelles de temps (du très ancien à l'actuel) et d'espace (la biosphère). Ses recherches contribuent à construire et à fournir les bases scientifiques fondamentales pour une meilleure gestion des milieux, des ressources et des patrimoines, à préserver et renforcer les services de la biodiversité et des écosystèmes, à diffuser les concepts et les connaissances dans la société, dans tous les autres domaines scientifiques, chez les décideurs comme chez les acteurs. Sur ces bases, l'INEE vise à répondre à la demande sociétale en matière d'ingénierie environnementale, d'expertise, d'aide à la remédiation, plus largement, aux enjeux des objectifs de développement durable. L'approche en écologie globale développée s'inscrit pleinement dans les concepts les plus récents de la science de la durabilité.

L'INEE a mis en place un mécanisme de partenariat spécifique, les Dispositifs de partenariat en écologie et

environnement (DIPEE) sur chaque site où sont déployés ses unités, afin de soutenir la recherche et la formation à la recherche dans son champ de compétence, développer l'interface entre recherche et société et contribuer à la création de nouvelles filières professionnelles en sciences de l'environnement. Sont concernés les universités, les collectivités régionales et territoriales, certains des grands services nationaux de l'État et les établissements de recherche et d'enseignements.

L'INEE a développé des outils uniques pour étudier à différentes échelles de temps et d'espaces le fonctionnement des écosystèmes. C'est le cas des stations d'écologie expérimentales réparties sur la planète (Polynésie française, Guyane, France métropolitaine). D'autres



Vérifications des photos réalisées par une caméra piège photographique à la station biologique de Paimpont.
© Jean-Claude MOSCHETTI / ECOBIO / CNRS Photothèque.



Plongeur scientifique prélevant des « verrues » d'algue calcaire, dans la Passe à Henry dans l'archipel de Saint-Pierre-et-Miquelon. © Erwan AMICE / LEMAR / CNRS Photothèque.

infrastructures reconnues au niveau national (feuille de route nationale des infrastructures de recherches, LabEx) ou européenne (eLTER) sont consacrées sur site à l'étude de l'évolution des socio-écosystèmes soumis ou non à des crises environnementales (Zones Ateliers, Observatoires Hommes-Milieu) qui sont réparties également sur le globe (zones polaires, USA, Chili, Sénégal, Afrique du sud, etc).

En termes d'impact l'INEE occupe une place de leader international dans la recherche en écologie en environnement. Dans ces disciplines l'INEE est classé second mondial par le Nature Index et le site de Montpellier occupe

la seconde place mondiale dans le classement de Shanghai. Cinq autres sites des unités INEE sont classés dans les 50 meilleures universités par le même classement.

Stéphane Blanc, spécialiste en écophysiologie animale et humaine, a été récemment nommé nouveau directeur de l'INEE (mars 2021). Il succède à Stéphanie Thiébaud qui nous a aimablement accordé un entretien sur l'écologie et l'environnement au CNRS en 2014 (A3 Magazine numéro 63, pages 8 à 10).

CENTRE D'ÉCOLOGIE FONCTIONNELLE ET ÉVOLUTIVE (CEFE)

En 1961, le CNRS crée à Montpellier le Centre d'études phytosociologiques et écologiques (CEPE), fondé et dirigé jusqu'en 1968 par Louis Emberger. Ce berceau de l'écologie végétale en France était essentiellement centré sur la cartographie dans une perspective d'aménagement du territoire et avait comme objectif l'étude écologique des groupements végétaux. Écologiste et biogéographe, d'une vaste culture et expérience scientifique (1), L. Emberger était conscient de l'influence sur la végétation des facteurs édaphiques, climatiques, biotiques et humains, et il s'intéressait à la distinction fine des groupements végétaux et à leur représentation cartographique. C'est cet intérêt pour les déterminants écologiques des groupements végétaux qui l'amène à structurer le CEPE en départements consacrés à l'analyse scientifique et quantitative de l'écologie végétale : analyse des sols, écophysiologie, bioclimatologie, utilisation de l'espace, toutes disciplines qui sont des précurseurs de l'écologie moderne.



Louis Emberger (1968) à l'Institut de Botanique, Montpellier. Source : ComCEFE

Sous l'impulsion de Francesco di Castri, en 1988, le CEPE s'est transformé en Centre d'écologie fonctionnelle et évolutive (CEFE), devenant une pièce majeure

de recherche en écologie en France. Son objectif est l'établissement de scénarios d'évolution des systèmes écologiques et de stratégie pour leur conservation, leur restauration ou leur réhabilitation. Les recherches du CEFE se positionnent au carrefour des grands thèmes internationaux de la recherche en écologie : Action de l'Homme, systèmes anthropisés et écologie de la conservation ; Valeur adaptative des traits d'histoire de vie en présence de contraintes ; Rôle de la biodiversité dans le fonctionnement des écosystèmes ; Changements planétaires et fonctionnement des écosystèmes.

Le projet actuel du CEFE vise à comprendre la dynamique, le fonctionnement et l'évolution du vivant, de « la bactérie à l'éléphant », et « du génome à la planète ». Il s'appuie sur trois ambitions : (1) comprendre le monde vivant pour anticiper ce que sera demain, (2) conduire à des innovations et répondre aux attentes de la société, (3) pratiquer une science « rassembleuse » et diverse dans ses approches disciplinaires. Une grande partie des recherches portent sur les écosystèmes méditerranéens et tropicaux,

dans un contexte de changements planétaires. Un de ses objectifs est l'établissement de scénarios d'évolution des systèmes écologiques et de stratégie pour leur conservation, leur restauration ou leur réhabilitation. Ses recherches sont organisées en quatre départements scientifiques : Écologie évolutive et comportementale ; Dynamique et conservation de la biodiversité ; Écologie fonctionnelle ; Interactions, écologie et sociétés. Les équipes sont entourées de plates-formes techniques communes et bénéficient d'un grand nombre de collaborations avec des partenaires étrangers.

Dirigé par Marie-Laure Navas, le CEFE est devenu UMR en 2003 et compte aujourd'hui quatre tutelles (CNRS, université de Montpellier, EPHE, IRD) et trois partenaires (Institut Agro-Montpellier SupAgro, INRAE, université Paul Valéry Montpellier 3).

(1) Mangenot G (1972) Louis Emberger (1897–1969). *Bulletin de la Société Botanique de France*, 119 : 7-14. DOI: 10.1080/00378941.1972.10839127



CEFE (Centre d'écologie fonctionnelle et évolutive) aujourd'hui. Source : ComCEFE

La Ville face aux enjeux de Nature

*Jean-Paul Carrière, Francesca Di Pietro, Abdelillah Hamdouch, Amélie Robert et José Serrano sont enseignants-chercheurs en Aménagement – Urbanisme ou Géographie à l’université de Tours et membres de l’UMR CNRS 7324 CITERES (Cités, TERritoires, Environnement et Sociétés), Équipe dynamiques et actions territoriales et environnementales (DATE). Leurs travaux portent sur la planification spatiale et l’organisation des territoires, aussi bien en France que dans d’autres pays, du Nord comme du Sud. Dans ce cadre, la question des rapports entre Ville et Nature occupe une place importante dans les projets de recherche, événements scientifiques et publications des auteurs. Les deux ouvrages complémentaires, *Faire Nature en Ville (1)* et *La transformation urbaine au prisme de la nature (2)*, parus en 2021, constituent un jalon pour la production scientifique récente de l’équipe de recherche.*

Les rapports entre Ville et Nature constituent aujourd’hui une thématique émergente, objet d’une littérature de plus en plus foisonnante mais encore insuffisamment explorée, autant par les sciences humaines et sociales, notamment dans les disciplines de l’aménagement de l’espace, de l’urbanisme, de la géographie, que par les sciences de la vie, comme l’écologie.

Jusque récemment, de manière générale, les urbanistes mettaient l’accent sur l’espace urbain comme cadre de vie incluant une « certaine dose » de nature (jardins, parcs, espaces verts, bords de rivière...). La priorité était celle de la croissance économique et des infrastructures (transports et services urbains, logements, espaces industriels viabilisés...); la ville était avant tout minérale. Lorsqu’elle était considérée, la nature en ville, elle, l’était, selon les circonstances, comme une condition de l’hygiène urbaine, une « aménité » pour certaines populations (souvent dans les quartiers les plus aisés), ce qui en faisait (et en fait encore dans une large mesure) un vecteur de la division sociale de l’espace, ou encore, dans le cas des jardins ouvriers, comme une ressource alimentaire complémentaire destinée aux classes populaires.

Les questions relatives à la consommation des espaces naturels ou agricoles induite par la croissance urbaine, à la protection de l’environnement et à la préservation des services liés (qualité de l’air, de l’eau, biodiversité...), à l’alimentation, à l’énergie, aux déchets..., comme celles, en lien, se rapportant à la qualité de l’habitat et des espaces de vie, sont restées pendant longtemps minorées, pour ne pas dire ignorées.

Depuis quelques décennies, l’émergence d’une demande sociale de nature, désormais pensée dans toutes ses dimensions, met à l’épreuve le modèle de développement

urbain prévalent un peu partout dans le monde. La métropolisation et l’étalement urbain ont dévoilé leurs limites : inégalités socio-spatiales, aggravation du changement climatique, érosion de la biodiversité, pollutions.

Dans le contexte actuel de la pandémie de Covid-19, ces enjeux liés à l’environnement urbain interrogent les modes dominants d’habiter, de travailler, d’étudier, les manières de s’alimenter, de se déplacer, de se soigner, de se divertir et de « s’aérer »... Les fondements et justifications de ce qui apparaissait, il y a peu encore, comme un « ordre normal des choses » apparaissent désormais cruellement précaires, inadaptés, voire dangereux.

Les deux ouvrages complémentaires que nous présentons ici, *Faire nature en ville (1)* et *La transformation urbaine au prisme de la nature (2)*, rassemblent plus d’une trentaine de chercheurs de différents pays (principalement France et Brésil, mais aussi Portugal et Tunisie). S’inscrivant dans une perspective interdisciplinaire et comparative, les 17 chapitres qui les composent reflètent, chacun selon un angle particulier, la façon dont la fabrique de la ville ou sa transformation peuvent être repensées, planifiées et opérées face aux nombreux défis structurels évoqués ci-dessus. Ils rassemblent, de manière structurée, des contributions issues de la 5^e édition des Dialogues franco-lusophones en aménagement et urbanisme, communément désignés par le terme portugais de « *Dialogos* », organisée à Tours en juin 2018. Cet événement scientifique a également donné lieu à la parution d’un numéro spécial de la revue brésilienne RISCO, intitulé « *Natureza e cidade* ». Les « *Dialogos* » sont animés par deux associations qui rassemblent chacune les instituts d’urbanisme et aménagement francophones et brésiliens, l’APERAU Internationale (Association pour la promotion de l’enseignement

et de la recherche en aménagement et urbanisme et l'ANPUR (Associação Nacional de Pósgraduação e Pesquisa em Planejamento Urbano e Regional).

FAIRE NATURE EN VILLE



Ce premier ouvrage analyse les rapports ville-nature en croisant trois thématiques principales, que l'on retrouve abordées de façon transversale, mais selon des combinaisons et des degrés divers, au fil des neuf chapitres.

La première thématique procède de l'observation de terrain. Elle englobe des analyses sur les incidences de l'urbanisation et des activités urbaines sur les écosystèmes à travers l'étalement urbain, ses modalités et ses impacts. Elle comprend aussi des analyses de la nature associée aux espaces résidentiels, et de la diversité des espaces verts publics. Enfin, elle interroge la place de la nature dans le design urbain, et plus généralement dans le paysage urbain et périurbain.

La deuxième thématique transversale est celle des façons dont les espaces non bâtis et végétalisés, les espaces agricoles résiduels ou encore les milieux aquatiques peuvent être pris en compte dans les plans et projets d'aménagement. La notion de services écosystémiques peut être ici convoquée. Ces questions appellent en retour une réflexion sur l'adaptation de la ville aux risques « naturels » à travers des actions d'aménagement.

Enfin, la troisième thématique renvoie au décalage fréquent entre les représentations de la nature urbaine et les contenus de l'action publique et privée. Les questions concomitantes, d'une part de l'émergence d'un « désir de nature » manifesté notamment par les habitants ou les usagers, et, d'autre part, des impacts de la « mise en nature » de la ville sur son organisation socio-spatiale, apparaissent cruciales en ce qu'elles renvoient à la

notion de « justice environnementale urbaine ». Elles interrogent alors sur la façon dont cette notion peut être prise en compte dans l'action urbanistique et les stratégies publiques, privées et associatives qui la sous-tendent. Ces dernières soulèvent, par ricochet, la question des nouvelles formes de gouvernance (plus participatives et inclusives) induites par la prise en compte de la nature urbaine dans l'action publique locale.

LA TRANSFORMATION URBAINE AU PRISME DE LA NATURE



Ce second ouvrage, qui complète le premier, traite de formes émergentes de la nature en ville, se distinguant des plus fréquentes que sont les espaces verts publics ou associés aux zones résidentielles – sur lesquelles se centre *Faire nature en ville*. Dans *La transformation urbaine au prisme de la nature* sont ainsi traités les trames vertes urbaines, les espaces vacants comme support d'une nature spontanée, et les espaces agricoles urbains et périurbains, ces deux dernières formes de nature étant les deux pôles du gradient d'aménagement de la nature en ville. L'accent est mis ici sur la transformation de la ville non plus seulement pour elle-même, mais en relation avec son environnement et ses articulations avec les autres types d'espaces, notamment naturels et ruraux. Il s'agit, en particulier, de réfléchir à la manière de mettre la nature au cœur des processus d'urbanisation.

Bien que reprenant en filigrane les trois grandes thématiques évoquées plus haut à propos du premier ouvrage, les textes rassemblés dans ce second livre sont plus directement tournés vers l'action et s'inscrivent dans une perspective praxéologique. Ils examinent, à partir d'études de cas issus des deux aires culturelles francophone et lusophone, les voies d'une possible « renaturation » de la ville, et de sa transformation pensée au prisme de la nature.

L'ouvrage part d'un constat simple, mais crucial pour l'action urbaine : la demande sociale de nature exige de repenser le fait urbain et sa transformation « au prisme de la nature ». Le « désir de nature » manifesté par les citoyens pousse au (re)déploiement des espaces offrant des aménités naturelles au cœur des villes et à la (re)valorisation des zones de nature (originelles ou (re)créées artificiellement, comme les friches urbaines ou industrielles). Cela témoigne des aspirations à une plus grande proximité de la nature et impose de repenser en profondeur nos conceptions encore imprégnées d'une ville toujours plus agglomérative et plus dense.

Les huit chapitres de ce second ouvrage donnent à voir différentes perspectives d'action visant à favoriser soit la préservation, soit le retour de la nature en ville, à partir de cas d'études observés dans des pays francophones et/ou lusophones. Ils illustrent le fait que l'action urbanistique ne peut faire l'économie d'une prise en considération des réalités naturelles dans toute leur diversité. Au-delà, ils témoignent à des degrés divers de ce que la mise en valeur de la nature urbaine peut aussi être à la source d'innovations favorables à la promotion d'une ville plus durable. Enfin, considérées dans leur ensemble, les contributions de ce volume expriment fortement l'idée que le projet d'une ville « renaturée » ne se résume pas à des mesures « techniques » de végétalisation, fussent-elles ambitieuses. Les raisons sont doubles : d'une part, la question de la renaturation soulève de forts enjeux de gouvernance urbaine ; d'autre part, c'est toute l'organisation de l'espace urbain (et de son environnement territorial de proximité) qui est à reconsidérer, en vue de créer des espaces dédiés à la nature qui soient à la fois multifonctionnels, en connexion les uns avec les autres et destinés à tous. C'est pourquoi il convient aussi, tant au plan conceptuel qu'opérationnel, de repenser résolument la ville et sa transformation au prisme de la nature, qui deviendrait ainsi première, conditionnelle, et non plus accessoire ou complémentaire de la (re)fabrique de la ville durable.

In fine, l'argumentation et les illustrations multiples développées dans ces deux ouvrages, aboutissent à trois conclusions essentielles. Premièrement, les analyses proposées soulignent bien que les défis majeurs auxquels sont confrontées les villes imposent de réexaminer la façon dont la nature peut permettre de refonder le fait urbain de manière plus raisonnée, viable et vivable. Deuxièmement, nous sommes convaincus qu'un tel « changement de paradigme » dans la (re)fabrique de la ville n'a rien d'utopique, tant les expériences et exemples d'une urbanisation transformée au prisme de la nature sont nombreux et encourageants. La volonté politique, combinée à la pression citoyenne pour plus de participation et favorisant l'expérimentation et l'innovation (y compris institutionnelle et sociale), peuvent faire du « désir de nature » une réalité tangible.

Enfin, ces deux ouvrages montrent bien l'enjeu scientifique de recherches à la fois théoriques et empiriques pour éclairer les politiques et l'action publiques, dans un cadre concerté et partagé de planification urbaine et d'aménagement des espaces, dans lequel la nature occupe désormais une place première, et non plus accessoire ou palliative. C'est à ce prix, nous en sommes convaincus, que la ville pourra réellement se prétendre « intelligente ».

RÉFÉRENCES

- (1) Carrière J-P, Di Pietro F, Hamdouch A, Robert A, Serrano J (Eds.) (2021) *Faire nature en ville*. Collection « Questions contemporaines/Série Questions urbaines », L'Harmattan, 202 pages.
- (2) Carrière J-P, Di Pietro F, Hamdouch A, Robert A, Serrano J (Eds.) (2021) *La transformation urbaine au prisme de la nature*. Collection « Questions contemporaines/Série Questions urbaines », L'Harmattan, 178 pages.

Philippe Saint Marc, pionnier de l'écologie humaine

Par Véronique Machelon

Pionnier de l'écologie, Philippe Saint Marc a consacré sa vie à imaginer et promouvoir un humanisme écologique solidarissant l'homme et son environnement.



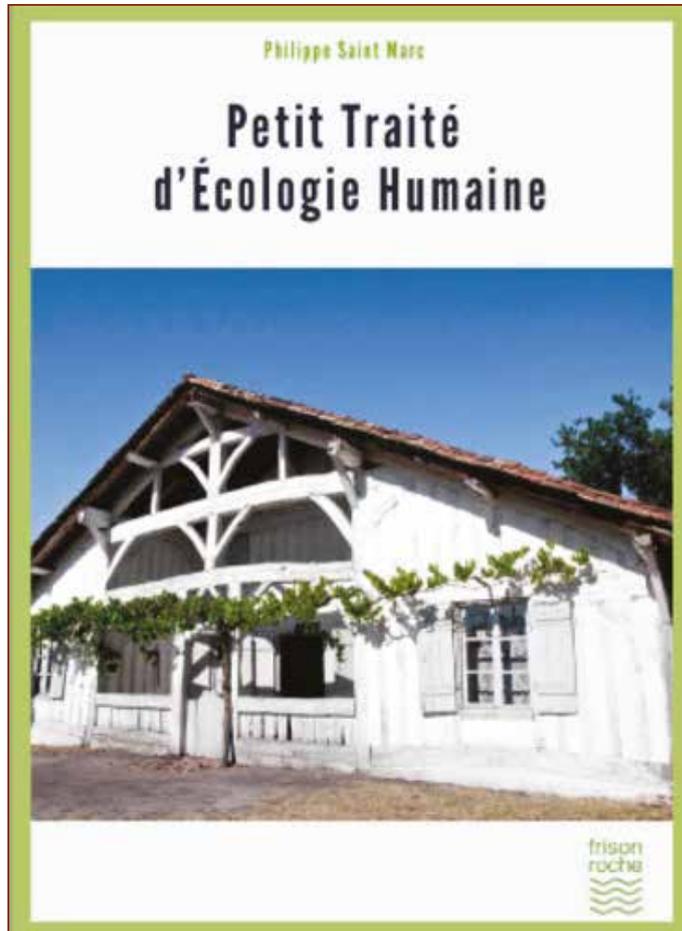
Conseiller maître honoraire à la Cour des comptes, premier président de la Mission interministérielle pour l'aménagement de la Côte Aquitaine (Miaca) de 1967 à 1970, Président-fondateur du Comité de la Charte de la nature), Secrétaire général de la SIRES (Société internationale de recherche pour l'environnement et la santé) pour unir médecins et écologistes dans la lutte contre les causes écologiques des grandes pathologies, Philippe Saint Marc s'est consacré depuis plus de 50 ans à l'étude et à la mise en œuvre de l'Écologie pour guérir la France du rejet de société dont elle souffre. Le monde occidental menacé d'autodestruction est de plus en plus ravagé par une conception du Progrès fondé sur l'exclusivité du matérialisme, de l'ultralibéralisme et de la négation de l'humanisme. Selon Philippe Saint Marc, seule pourrait le sauver une « Écologie humaine » fondée sur un développement intégral de chacun par le progrès de l'environnement physique, social et spirituel.

A l'appui de ce combat, une bibliographie abondante dont son dernier ouvrage *Petit traité d'écologie humaine* 2017, Frison-Roche, 672 pages) qui se veut une analyse en profondeur des faiblesses écologiques de la société actuelle.

Cet ouvrage propose des voies de salut par un nouvel humanisme prenant appui sur les trois dynamiques essentielles que porte l'Écologie aujourd'hui :

- ♦ (1) l'environnement physique (naturel et construit) qui agit à la fois par ses agressions (les pollutions physiques ou psychiques, les traumatismes du gigantisme urbain) et par ses carences (pénurie d'espaces verts, d'air pur, de silence),
- ♦ (2) l'environnement social (famille, école, associations),
- ♦ (3) l'environnement spirituel (morale collective, idéal social) qui constituent le cadre de vie de l'humanité actuelle.

La dimension spirituelle est une dimension essentielle de l'humanisme écologique trop souvent négligée. C'est le critère auquel doivent être confrontés tous les grands choix de société, en particulier l'organisation de l'urbanisme et de l'aménagement du territoire (répartir la construction sur l'espace, éviter les zones de désertification source de la détresse du monde rural, faire vivre une solidarité active entre les membres de la collectivité, éviter le gigantisme urbain pour limiter la montée croissante de la violence dans les mégapoles). L'humanisme écologique doit substituer à l'impératif occidental actuel du matérialisme individuel totalitaire, l'objectif de l'homme dans son « être » (santé, culture, science, environnement social) bien plus que dans son « avoir » (accumulation de biens matériels). Ainsi pourrait être maîtrisé le rejet de société par la violence ou par la fuite (absentéisme, drogue, suicide). Au niveau collectif, la



priorité donnée au « plus être » pourrait entraîner une évolution amenant chaque société à réorienter son développement vers l'amélioration de « l'être » et du bien-être de l'humanité. Ainsi, il est incontestable, bien que difficilement mesurable, que l'intensité des défenses immunitaires varie fortement selon l'état psychophysique des individus qui dépend souvent de l'environnement dans lequel ils se trouvent (par exemple des situations engendrant des stress répétés). Sans compter les pollutions chimiques dues aux pesticides et aux rejets toxiques de toutes sortes. Par ailleurs, les études sociologiques font apparaître de plus en plus souvent des comportements de « rejet de société » qui se traduisent par des comportements de fuite (absentéisme, prise incontrôlée de médicaments, prise de drogues, alcoolisme, comportements dépressifs et suicidaires) et par des comportements de violence.

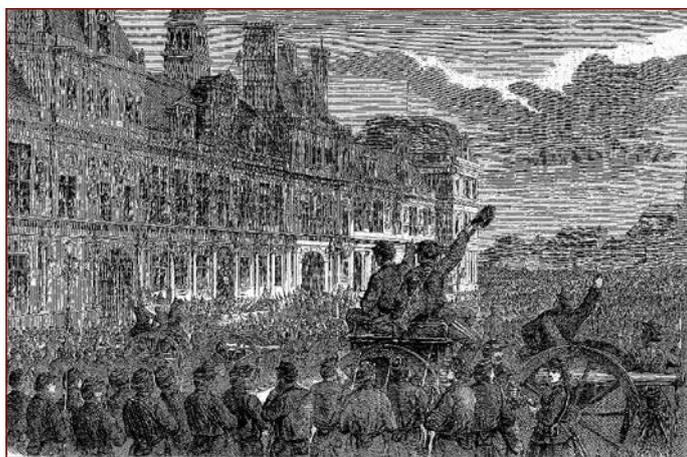
Une nouvelle urgence à introduire dans la politique du développement économique est « d'économiser » la Terre, c'est à dire de considérer que les richesses de la nature minérales, forestières, végétales et animales sont rares et doivent donc être récupérés au maximum. Les déchets deviennent alors sources de nouveaux biens au lieu d'être inutiles, encombrants et même nocifs. Ouvrir un nouvel avenir par l'Humanisme écologique implique aussi une urgence particulièrement importante pour une nouvelle politique climatique, en mettant fin au réchauffement croissant et alarmant de toute la terre. Ainsi, l'Humanisme écologique remodelerait le monde en permettant à chacun un épanouissement personnel dans un mouvement de solidarité croissant : « Pitié pour les éléphants, les baleines et les forêts, mais pitié... plus encore pour cette espèce en danger qu'est l'homme, à travers le saccage autodestructeur de la Nature et l'auto-dégradation de l'Humanité ».

À propos du 150^e anniversaire de la Commune de Paris



Michel Cordillot, Professeur émérite de l'université Paris 8 et chercheur associé à l'UMR 8058, collabore depuis trois décennies au Dictionnaire biographique, mouvement ouvrier, mouvement social initié par Jean Maitron, qui a bénéficié du label « Grand Œuvre » du CNRS. Il a récemment coordonné la publication dans la collection Maitron de *La Commune de Paris 1871. Les acteurs, l'événement, les lieux* (Paris, Éditions de l'Atelier, 2021, 1440 p.).

À cent cinquante ans de distance, la Commune de Paris reste à bien des égards un moment historique singulier qui bénéficie d'une attention inversement proportionnelle à sa durée et à son caractère géographiquement limité. Comme l'ont prouvé encore récemment les débats tendus pour savoir s'il fallait la célébrer ou la commémorer, les passions restent vives à son propos.



Proclamation de la Commune le 28 mars. Le Monde illustré (coll. part.)

En dépit des milliers de livres et d'articles qui lui ont été consacrés, la Commune de Paris continue en réalité de garder une part de son mystère, car en saisir les causes, tout comme caractériser sa nature, reste à bien des égards un exercice difficile. Cette relative méconnaissance tient avant tout au fait que l'histoire de la Commune a d'abord été prisonnière d'enjeux de mémoire – légende noire des vainqueurs versaillais contre légende rouge des communards vaincus –, avant de se retrouver prisonnière des évolutions ultérieures de la situation politique en France et ailleurs dans le monde qui ont

mythifié l'événement en en biaisant plus ou moins délibérément l'interprétation à des fins partisans et de légitimation. À cause de ces enjeux politiques sous-jacents, il est longtemps resté particulièrement difficile de débattre sereinement de ces questions.

De nombreuses idées fausses ont ainsi perduré, et il a fallu attendre les années qui précéderent et suivirent immédiatement son centième anniversaire – et la dynamique de recherche à laquelle sa célébration donna naissance dans le contexte de bouillonnement intellectuel des années post soixante-huit – pour voir l'histoire véritablement scientifique de la Commune de Paris prendre progressivement le pas sur les lectures téléologiques ou idéologisées, grâce à l'apport d'historiens comme Jacques Rougerie et Jean Maitron, dont les travaux ont ouvert la voie à une connaissance à la fois plus érudite et moins dogmatique de la Commune.

Sans revenir ici en détail sur son histoire, il importe de souligner brièvement que la Commune de Paris fut bien davantage, et parfois tout autre chose, que l'image que l'on en garde encore trop souvent, celle d'une guerre civile aussi impitoyable que vaine, marquée par des incendies et des destructions considérables dans Paris, avant de s'achever par les massacres de la Semaine sanglante.

Depuis plus d'un siècle, la question des causes de la Commune n'a cessé d'interpeller les historiens. Début mars 1871, après la défaite face aux Prussiens puis la capitulation sans condition, la situation politique à Paris était explosive. Pourtant, par une de ces ironies dont l'Histoire est coutumière, la Commune de Paris n'est pas loin d'apparaître comme un événement fortuit : non seulement sa survenue n'était pas écrite à

l'avance – des négociations étaient en cours, qui, sans l'entêtement de A. Thiers et des députés réactionnaires, auraient pu permettre à la colère populaire de retomber sinon définitivement, au moins dans l'immédiat –, mais elle prit tout le monde de court, y compris ceux, au départ largement minoritaires, qui l'avaient ardemment préparée et espérée. Ainsi que l'avoua Benoît Malon, un des principaux dirigeants français de l'Internationale, « *jamais révolution n'avait plus surpris les révolutionnaires* ».

Comment expliquer alors l'incroyable ampleur que prit néanmoins spontanément cet événement ? Peut-être par le fait qu'il fut porté par trois dynamiques distinctes mais confluentes, qui, à ce moment précis, entrèrent brutalement en résonance pour donner naissance à un puissant élan populaire.

La première de ces dynamiques, de nature politique, relevait du processus de républicanisation de la France sur le long terme. Le 2 décembre 1851, le coup d'État de Louis-Napoléon Bonaparte avait pour de longues années mis un coup d'arrêt à ce mouvement né de la Révolution française. Mais les aspirations républicaines avaient continué de cheminer de façon souterraine, avant de resurgir avec une force nouvelle durant les dernières années de l'Empire. Les élections législatives de 1869 avaient mis en évidence leur enracinement dans les grandes villes ; puis, aussitôt suivies par la France entière, Lyon, Marseille et Paris avaient, chacune de leur côté, proclamé spontanément la République le 4 septembre 1870 à l'annonce de la capitulation de Sedan, comme si la chose allait de soi face à l'invasion étrangère. Toutefois, la question de la nature de cette République n'était pas tranchée. Rapidement, les renoncements du gouvernement de la Défense nationale, les manœuvres suspectes d'A. Thiers et des Jules (Favre, Ferry, Simon) qui, républicains très tièdes, semblaient vouloir faire cause commune avec la réaction, avaient éveillé les soupçons de tous ceux qui aspiraient à renouer avec les idéaux quarante-huitards d'une République à la fois démocratique et sociale. Or Paris, « *bivouac des révolutions* », avait été en 1830, 1832, 1834, 1839, 1848, 1849 et 1851, l'épicentre d'une série de commotions violentes autour de l'enjeu républicain, un cycle dont la Commune allait constituer l'épisode final et paroxystique. Ce qui tendit d'ailleurs à élargir le fossé entre les grandes villes et une bonne partie de la France des départements, où la montée en puissance plus tardive de l'élan républicain alla de pair avec l'affaiblissement progressif de son caractère révolutionnaire.

D'avantage tributaire du contexte économique et social général, la deuxième dynamique avait favorisé sur le

moyen terme la renaissance d'organisations ouvrières structurées à partir du début des années 1860, la montée de l'action revendicative et, plus spécifiquement, l'essor de l'Association internationale des travailleurs (AIT, dite Première Internationale). Les pays capitalistes avancés connaissaient alors des transformations économiques en profondeur résultant de l'innovation technologique, de la mécanisation, de la concentration, de la concurrence faite à l'atelier par l'usine, du développement des transports et des échanges internationaux, etc. Ils faisaient également l'expérience des premières crises économiques cycliques. Dans le cas de Paris, les changements, stimulés par la politique de G.E. Haussmann, avaient entraîné un fort développement des migrations de travail liées à un phénomène général d'exode rural, avec pour corollaire l'arrivée dans la capitale de plusieurs dizaines de milliers de jeunes provinciaux en quête d'un emploi – lesquels allaient par ailleurs représenter les trois quarts des insurgés de 1871 – mais aussi l'expulsion progressive vers les arrondissements périphériques des Parisiens les plus modestes. Ces évolutions, ainsi que la libéralisation (très relative) de l'Empire, avaient favorisé la résurgence du mouvement social brutalement réprimé en juin 1848 et décembre 1851, avec pour conséquence la vague de grèves qui toucha de nombreuses régions du pays entre 1864 et 1870. En s'appuyant sur ces luttes, l'Internationale avait renforcé sa popularité, au point de faire désormais peur aux classes dominantes. Même si cette dynamique avait temporairement perdu une partie de sa puissance au printemps 1871 à cause de la désorganisation économique et du chômage résultant de la guerre, la dimension sociale fut néanmoins très prégnante dans la Commune, à laquelle l'AIT fournit de nombreux cadres politiques et militaires.

Enfin, beaucoup plus conjoncturelle et court-termiste parce que liée aux évolutions au jour le jour du conflit franco-prussien, la troisième dynamique était de nature patriotique. Dans les semaines qui suivirent la déclaration de guerre, une série de revers meurtriers doucha l'enthousiasme initial des Français. Aussitôt connue la défaite de Sedan, c'en fut terminé de l'Empire ; toutefois la proclamation de la République n'arrêta pas l'offensive allemande. À compter du 19 septembre, Paris se retrouva totalement encerclée. Le premier siège commençait ; il allait durer plus de 4 mois dans des conditions terribles pour la population civile, qui, pourtant, ne plia pas. Le peuple se mobilisa. À côté des troupes régulières, il y eut bientôt 300 000 gardes nationaux sédentaires volontaires prêts à défendre la République et la Patrie. Isolés du reste de la France, les Parisiens allaient tout endurer au fil des mois : la pluie, le froid, la faim, les bombardements. L'élan unitaire de septembre

laisa rapidement place aux désillusions, puis aux suspicions concernant la volonté réelle du gouvernement de la Défense nationale de se battre jusqu'au bout. À plusieurs reprises le mécontentement populaire se manifesta par des « journées » insurrectionnelles, sans toutefois entraîner l'adhésion massive des Parisiens.

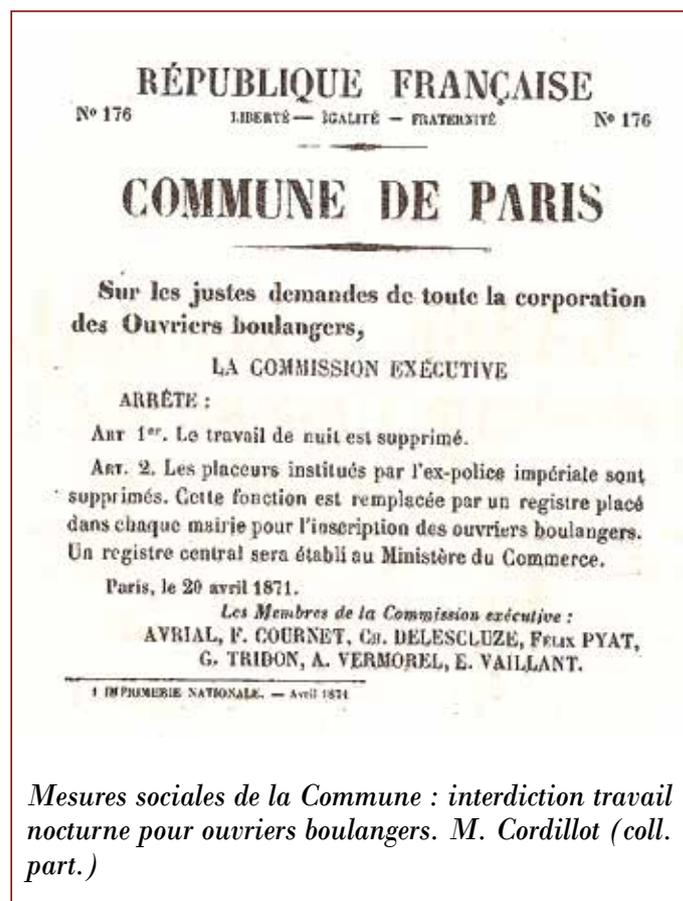
Le 28 janvier 1871, l'annonce de la capitulation fit l'effet d'un coup de massue. Le peuple de Paris, qui avait consenti tous les sacrifices pour empêcher l'ennemi de pénétrer dans ses murs, se sentit définitivement trahi. L'élection, le 8 février 1871, d'une Chambre très majoritairement monarchiste et conservatrice, ne fit que renforcer l'amertume générale dans la capitale. La Nation défaite et bientôt amputée de l'Alsace-Moselle, c'était désormais la République même qui se voyait menacée par cette Assemblée rêvant à voix haute d'une nouvelle restauration. En quelques semaines, le divorce fut total entre la ville-symbole de la République, en état de rébellion virtuelle, et les députés ruraux partisans d'un retour en arrière qui avaient voté plusieurs mesures vexatoires ou symboliques (menace de suppression de la solde des gardes nationaux, paiement immédiat des arriérés de loyers et des effets de commerce, décapitalisation de Paris au profit de Versailles...).

Dans ce contexte électrique marqué par la volonté à peine dissimulée d'A. Thiers de conclure au plus vite une paix sans honneur et de prouver aux députés qu'il était parfaitement en mesure de rétablir la loi et l'ordre à Paris, l'excès de confiance des militaires chargés d'aller récupérer les canons de la Garde nationale le 18 mars allait faire office de détonateur. En quelques heures, l'échec de la tentative de reprise en main gouvernementale fut patent, et les trois dynamiques, républicaine, sociale et patriotique, n'en firent soudainement plus qu'une, entraînant le télescopage de trois temporalités, avec toutes les conséquences que l'on sait.

On s'explique mieux ainsi la grande diversité des parcours communards, qui saute aux yeux dès que l'on se penche sur la biographie collective des acteurs. En fait, il y eut beaucoup de raisons très différentes de se rallier à la Commune, d'où la difficulté de dresser un portrait type du communard et des motivations qui le poussèrent à s'engager.

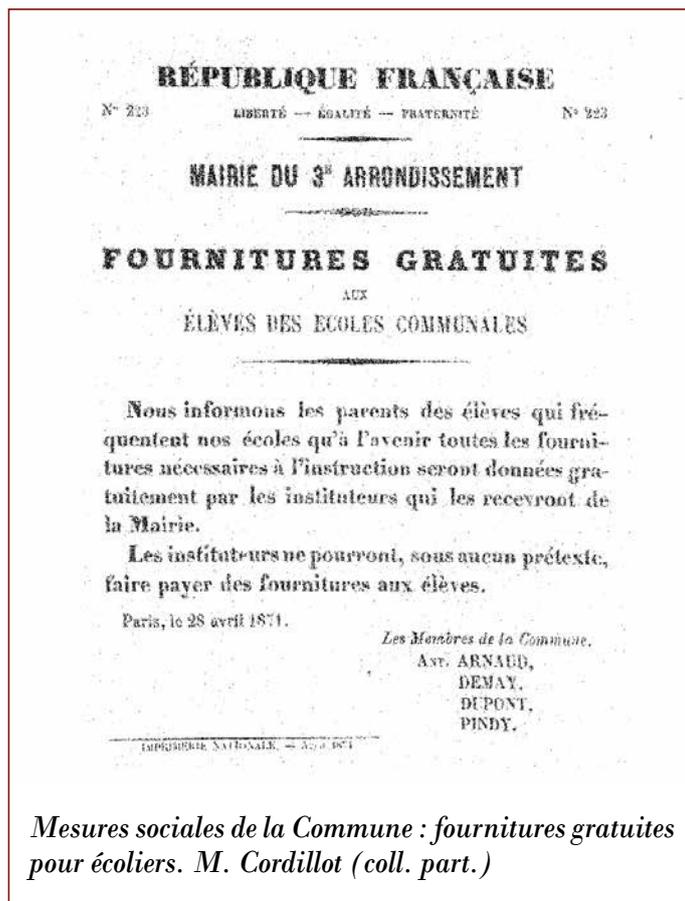
Une autre évidence est elle aussi trop souvent perdue de vue : cet événement s'est inscrit dans un laps de temps extrêmement court. Le peuple parisien se souleva le 18 mars 1871 ; la Commune fut élue le 26, installée le 28. Les premiers affrontements militaires se produisirent le 2 avril, et l'échec de la grande offensive sur Versailles

lancée le lendemain par les Parisiens obligea ces derniers à s'installer dans une guerre défensive, ce qui entraîna une dégradation progressive du rapport des forces à mesure qu'A. Thiers renforçait son armée avec l'aide de Bismarck. Face aux inquiétudes liées à cette évolution, une majorité d'élus de la Commune tenta de réagir en mettant en place le 1^{er} mai un Comité de salut public censé mieux gérer les opérations militaires, mais aussi imprimer une direction politique plus ferme. Or, non seulement ces objectifs ne furent pas atteints, mais cette volonté de concentrer les pouvoirs créa durablement au sein de la Commune une cassure entre « majorité » et « minorité » – sans même parler ici de la rivalité constante entre la Commune élue et le Comité central de la Garde nationale qui avait « fait » la Révolution. Les deux fractions ne se retrouvèrent finalement côte à côte qu'au moment de mener une lutte désespérée contre l'armée versaillaise entrée dans Paris le 21 mai. Une semaine plus tard, la Commune agonisait dans le sang de milliers de combattants aux bras nus.



Mesures sociales de la Commune : interdiction travail nocturne pour ouvriers boulangers. M. Cordillot (coll. part.)

Une séquence d'autant plus brève donc que les élus parisiens ne siègèrent en fait que 54 jours au total, ce qui leur laissa bien peu de temps pour tenter de mettre en application les réformes de fond que leurs mandants appelaient de leurs vœux. Sans oublier qu'ils subissaient dans



le même temps une terrible guerre d'usure mobilisant une grande partie des énergies militantes, mais aussi la quasi-totalité des ressources financières de la capitale.

Dans ces conditions les communards pouvaient-ils espérer changer durablement la vie ? Non sans doute. Mais

ils firent pourtant plus et mieux que les gouvernements qui les avaient précédés, non seulement en matière sociale (avec une série de mesures sur le moratoire des loyers et des dettes, la suspension des ventes d'objets déposés au Mont-de-Piété puis leur reprise gratuite à concurrence de 20 F, la réquisition des logements vacants, l'interdiction du travail de nuit dans les boulangeries, la possibilité pour des associations ouvrières de reprendre la gestion des ateliers abandonnés, l'interdiction des retenues sur salaire...), mais aussi au plan politique (avec la levée de l'état de siège, l'annulation des mesures frappant la presse populaire, la séparation de l'Église et de l'État...) ou sociétal (laïcisation des écoles, égalité salariale des instituteurs et institutrices, reconnaissance de l'union libre et égalité de droits entre tous les enfants, légitimes et illégitimes, des gardes nationaux morts au combat ...).

La Commune fut donc incontestablement sociale. Fut-elle pour autant socialiste ? Ce serait probablement aller trop loin, même si ce point mérite un réexamen sans *a priori*. Ce qui est en revanche certain, c'est qu'elle constitua un moment-charnière à la fois dans le mouvement de républicanisation de la France sur la longue durée et dans la prise de conscience que l'accession au pouvoir des représentants des classes populaires n'étaient plus du domaine de l'impensable, ouvrant ainsi la voie aux luttes sociales et politiques à venir. En ce sens, ce bref moment constitua une vraie séquence en rupture avec l'ancien monde, durant laquelle l'avènement d'un monde nouveau répondant enfin à des espérances populaires plusieurs fois déçues redevint brièvement d'actualité.

Nobel et CNRS : histoires croisées...



Denis Guthleben, est attaché scientifique au Comité pour l'histoire du CNRS, rédacteur en chef de la revue CNRS « Histoire de la recherche contemporaine » et directeur de la collection d'histoire des sciences aux éditions Nouveau Monde. Il a obtenu sa thèse de doctorat en histoire à l'université de Paris 1 Panthéon-Sorbonne. Ses recherches ont pour thème l'histoire des sciences et de la recherche scientifique, au travers des politiques, des institutions, des acteurs et des programmes qui l'ont constituée des débuts de la III^e République à nos jours.

© Cyril Fréssillon - CNRS Images

L'histoire des prix Nobel est connue : créés selon les dernières volontés – et grâce à la fortune – de l'industriel suédois Alfred Nobel, ils récompensent depuis 1901 les personnalités « ayant apporté le plus grand bénéfice à l'humanité » en médecine, en chimie, en physique, mais aussi pour la paix ou en littérature – le prix d'économie décerné par la Banque centrale de Suède depuis 1968 n'est pas, à proprement parler, un « Nobel », même s'il a vite acquis un prestige équivalent. De nombreux travaux historiques ont aussi été dédiés aux récipiendaires et à leurs recherches, ainsi qu'aux coulisses des prix et aux débats qu'ils ont parfois suscités. La première controverse ne date d'ailleurs pas d'hier : elle a été provoquée au lendemain de la Grande Guerre par la consécration de Fritz Haber, qui s'était certes illustré avant le conflit en synthétisant l'ammoniac, mais qui venait de passer quatre ans à concocter de redoutables gaz de combat ! En termes de bénéfice pour l'humanité, on a fait mieux...

À côté du parcours des récipiendaires, moins connues sont les retombées des prix sur l'organisation de la recherche. En France, ils ont ainsi pesé sur la genèse et la trajectoire du CNRS. Le prestige du Nobel de physique que Jean Perrin obtient en 1926 lui permet d'initier la croisade qui aboutit, treize ans plus tard, à la naissance de notre établissement : dès 1927, il obtient le soutien du banquier Edmond de Rothschild pour financer la construction à Paris de l'Institut de biologie physico-chimique, une matrice pour le futur CNRS. En 1933, il signe avec sept autres prix Nobel une pétition qui aboutit à la création d'un Conseil supérieur de la recherche scientifique, ancêtre de notre Comité national et, en 1935, le prix Nobel de chimie attribué à Irène et à Frédéric Joliot-Curie est perçu comme une première consécration des efforts de Jean Perrin, puisque Frédéric Joliot a bénéficié d'une bourse de la Caisse nationale des sciences établie quelques années plus tôt.

Après 1945, le prix Nobel devient même l'un des aiguillons de la mobilisation nationale en faveur de la recherche : alors que Pierre Mendès France déplore à la veille d'accéder à la présidence du Conseil qu'« il est attristant mais significatif que la France n'ait plus reçu aucun prix Nobel pour la science depuis 1935 », les récompenses obtenues au fil des années 1960 (François Jacob, André Lwoff et Jacques Monod en 1965, Alfred Kastler en 1966, Louis Néel en 1970) sont vues comme autant de signaux du retour de la France sur le devant de la scène scientifique... alors même qu'elles viennent parfois couronner des travaux anciens, à l'image de ceux de Louis Néel sur l'antiferromagnétisme.

Comme pour ce dernier, récompensé par la médaille d'Or du CNRS dès 1965, l'histoire du prix Nobel et celle de notre établissement continuent d'ailleurs d'être imbriquées : Jean-Marie Lehn dans les années 1980, Claude Cohen-Tannoudji dans les années 1990, et plus récemment Albert Fert, Serge Haroche, Jean-Pierre Sauvage et Jules Hoffmann ont été gratifiés à la fois des plus



Jean Perrin dans l'amphithéâtre de son laboratoire de chimie physique en 1926, après l'annonce de son prix Nobel de physique. © BNF-Gallica.

hautes distinctions scientifiques nationale et internationale. Gageons que ces histoires croisées ne s'arrêteront pas en si bon chemin...

Les confidences de Baruj Benacerraf, prix Nobel de médecine ⁽¹⁾

Par Jacques Couderc, membre de l'A3



Baruj Benacerraf
et son épouse Annette

En 1980 le prix Nobel honorait l'immunologie, et la France n'était pas en reste. Le professeur Jean Dausset de l'hôpital Saint-Louis était lauréat pour son importante étude sur le système HLA (les Antigènes leucocytaires humains), conjointement avec l'américain G.D. Snell et le professeur Baruj Benacerraf de nationalités vénézuélienne et américaine. Ce dernier avait étudié à Paris dans ses

jeunes années puis avait été formé après la guerre à l'allergologie et à l'immunologie dans le laboratoire du professeur Bernard Halpern à l'hôpital Broussais. Parfaitement francophone et francophile, il a épousé une française, et de nombreuses publications scientifiques portant les labels CNRS ou Inserm ont jalonné sa carrière. Les trois lauréats cette année-là, étaient couronnés pour leurs recherches sur le complexe majeur d'histocompatibilité, ensemble de gènes clés pour la compréhension des mécanismes de l'immunité. Inutile d'insister plus sur l'importance de notre système de recherche dans cette réussite scientifique !

A la fin de sa carrière, Baruj Benacerraf a publié ses mémoires intitulées « From Caracas to Stockholm » (2) où il évoque cette période si particulière de l'obtention du prix. Cet homme bardé de récompenses très tôt, affirme qu'il n'a jamais eu confiance en lui, défaut transformé en qualité, exigeant de lui-même et de ses collaborateurs l'excellence dans tous les domaines ; avec la réputation d'un homme au caractère anguleux (par euphémisme). Pour approcher l'intimité d'un tel événement (le Nobel), voici un extrait publié par son épouse Annette (3), nièce de Jacques Monod, pastorien, et prix Nobel de médecine en 1965 (y aurait-il une généalogie des prix Nobel ?).

« Le 10 octobre 1980 à 6 h 45 le téléphone sonna, je bondis hors du lit et saisis le téléphone. Une voix inconnue demandait à parler au professeur Benacerraf. Je tendis le téléphone à Baruj et compris immédiatement de quoi il s'agissait. C'était l'agence *United Press* qui lui demandait s'il savait qu'il avait obtenu le Nobel. Je n'avais jamais vu Baruj aussi abasourdi. Il croyait à peine la nouvelle et ne cessait de répéter « êtes-vous sûr? ». Dès

qu'il raccrocha, les deux lignes de téléphone de la maison sonnèrent sans s'arrêter. Nous étions tout juste habillés que notre salon se remplissait de reporters, de photographes et de visiteurs... puis une conférence de presse fut organisée à la « *Harvard Medical School* »... l'amphithéâtre était bondé et Baruj fut salué par une ovation debout... nous nous rendîmes ensuite à l'Institut du cancer Dana Farber (que Baruj dirigeait alors) une grande fête avait été organisée en son honneur, avec des centaines de personnes toutes espérant une poignée de main du lauréat ... au retour à la maison avec certains de ses étudiants et d'amis proches, nous nous précipitâmes sur la télévision, Baruj apparaissait sur toutes les chaînes, le dîner fut constamment interrompu par des appels téléphoniques. L'un d'entre eux venait du président du Venezuela pour le féliciter et lui dire combien le peuple vénézuélien était fier puisque c'était la première fois qu'un vénézuélien obtenait ce prix si prestigieux.

Baruj Benacerraf confiera après son retour de Stockholm, qu'il appartenait maintenant à un club d'hommes et de femmes dont on attend des avis définitifs sur tous les sujets aussi éloignés qu'ils soient de leur compétence propre. Cela l'a toujours mis mal à l'aise. Il s'était promis alors de ne jamais utiliser ce nouveau statut, sauf pour promouvoir la recherche scientifique et la médecine, ses vrais domaines de compétence.

Toujours dans le domaine de l'intime, il confiera aussi qu'un des aspects qui lui a donné le plus de satisfaction, c'est l'extraordinaire indépendance vis à vis des autorités que lui a donné le prix. Sentiment d'indépendance dont il aurait été privé toute sa vie car victime selon lui, d'une éducation parentale par trop sévère. Confiance insoupçonnable pour beaucoup de ses collaborateurs et confrères.

RÉFÉRENCES

- (1) Couderc J (2012) Le professeur Baruj Benacerraf : de Caracas à Stockholm. L'itinéraire d'un immunologiste. *Rayonnement du CNRS* 60 : 18-28.
- (2) Benacerraf B (1988) *From Caracas to Stockholm*. Prometheus Books, New York.
- (3) Dreyfus Benacerra A (1997) *L'Odyssée d'une Jeune Fille de Bonne Famille*. Editions Tirésias, Paris. ACQUES

Dante toujours présent



Jean-Patrick Connerade est Professeur émérite de Physique à l'Imperial College London, professeur honoraire à la East China University de Shanghai et chercheur invité permanent du laboratoire WIPM de l'Académie chinoise des sciences. Il est Président de l'Académie européenne des sciences, Arts & Lettres, relié à l'Unesco. Il est aussi un ancien directeur de EuroScience. En tant que poète, sous le nom de plume Chaunes, il a publié de nombreux ouvrages de prose et de poésie en français. Il a reçu la médaille José-Maria de Heredia de l'Académie française, le prix Paul Verlaine de la Maison de la poésie à Paris et le Grand Prix de la Poésie (prix Victor Hugo) par la Société des poètes français

L'année 2021, septième centenaire depuis la disparition de l'auteur de la *Divina Commedia*, est d'une grande importance pour la poésie en général et pour la poésie italienne en particulier. Elle sera évidemment célébrée dans toute l'Italie, mais intéresse aussi nos compatriotes pour une raison à ne pas oublier : son rapport particulier à la langue provençale. Son rapport douloureux à l'exil a par ailleurs inspiré des événements importants de la littérature universelle dont l'avènement du mouvement Préraphaélite au Royaume-Uni.

LA DIVINE COMÉDIE, UNE CATHÉDRALE, UN JUGEMENT DERNIER

Il n'y a rien dans la littérature qui soit aussi proche d'une cathédrale gothique que l'œuvre de Dante. Elle est, dans le sens propre, gigantesque par son ambition, aussi vertigineuse, si l'on peut les comparer, que la nef de la cathédrale de Beauvais qui semble, elle aussi, atteindre le Ciel par sa hauteur. Le projet de Dante est un projet fou. On ne peut le rationaliser qu'en rappelant qu'il est homme de son temps et que son époque est précisément celle des bâtisseurs de cathédrales. Comme il est tout seul à la tâche et le seul à construire aussi haut, c'est ce caractère unique de sa grandeur qui est éblouissant et lui vaut une place particulière dans la littérature universelle. Il existe de nombreuses cathédrales et plusieurs admirables Jugements Derniers en dehors de celui de Michel-Ange, mais il n'existe qu'une *Divina Commedia*.

C'est évidemment aussi d'un Jugement Dernier qu'il est question dans son œuvre, puisqu'elle divise le monde spirituel en trois parties, l'Enfer, le Purgatoire et le Paradis. La ressemblance avec l'intérieur d'une cathédrale est donc pleine et entière mais, en même temps, ne doit pas nous tromper. L'inspiration de Dante côtoie de très près le blasphème. C'est là toute la tension secrète de sa



Portrait de Dante Alighieri (1265-1321)
Source : wikipedia.org

poésie. S'il s'agit bien d'un Jugement Dernier, celui que le poète attribue à Dieu est en réalité le sien, un jugement personnel qu'il veut rendre universel. C'est Dante, dans un moment de vertige grandiose comparable à celui des Prophètes, qui se substitue en quelque sorte à Dieu et anathémise à Sa place. La comédie paraît « divine » mais en fait elle est humaine. C'est tout le problème qui se



Dante et son poème, fresque de Domenico di Michelino (1465), Cathédrale de Santa Maria del Fiore, Florence. Source : wikipedia.org

pose au lecteur. A la différence d'un peintre qui multiplie les enchevêtrements de corps nus départagés entre le Ciel et l'Enfer, extraits tout droits de leurs tombes pour symboliser l'espèce humaine sous une forme essentiellement anonyme, Dante, avec une audace sans précédent, nomme ceux qu'il juge.

Le poète n'est nulle part plus grand que dans l'Enfer, où son absolutisme ressort pleinement. Une autre particularité de son Jugement Dernier (à la différence de celui des peintres) est qu'il prend soin d'arriver *après* et non pas *pendant* le jugement proprement dit. A son arrivée dans l'au-delà, les dés sont déjà jetés. Par cet artifice de la pensée, il évite le sacrilège de prononcer lui-même les condamnations. Mais il pénètre dans ces lieux, non pas innocemment comme Orphée, à la recherche d'une seule personne, mais bien réellement en voyeur, avide de toute la férocité céleste. Ce sont les damnés eux-mêmes qui lui répondent en décrivant leurs propres crimes et en se lamentant sur leur sort. Le poète nous place devant un fait accompli, alors que c'est lui-même qui les a précipités nommément. Même si Virgile le prend par la main pour lui servir de guide, il ne peut y avoir de partage de responsabilité, d'autant plus que le poète latin n'est pas chrétien et circule dans

cet univers sans y être impliqué. Les lieux sont bien ceux que le poète a extraits de son imagination, même s'il les situe avec une apparente précision dans l'univers de son temps.

On peut se figurer l'orgueil des bâtisseurs de cathédrales, poussant les nefs toujours plus haut vers le ciel, comme ceux de la tour de Babel, persuadés un jour de l'atteindre. Il est évident qu'un tel orgueil mérite punition. Si la voute de Dante, à la différence de celle de Beauvais, ne lui est jamais retombée sur la tête, la place du bâtisseur est clairement dans son propre enfer, ce dont il se doute mais ne s'émeut pas. Il sait très bien (comme l'évoque avant lui Arnaud Daniel¹) que son heure sonnera à son tour. Il espère peut-être s'en tirer par un simple séjour au Purgatoire, comme lui indique l'exemple de son maître et modèle, mais rien n'est moins sûr.

La vraie force de la poésie de Dante, il la doit autant, sinon plus, à la haine qu'à l'amour. Sa puissance est dans l'exécration de ceux dont il dénonce les crimes odieux et dans la sainte horreur qu'ils doivent nous inspirer. Quand Dante condamne, il ne craint nullement d'exprimer sa haine. Dans son monde à lui, l'Enfer existe bel et bien. Son ordre est celui de l'Ancien Testament, plein de fulgurances et sans pardon aucun. Il croit à un Dieu vengeur et la vengeance commence justement par le poème, qui manie l'ostracisme comme le premier et le plus grand des châtements.

Là aussi, Dante se réfère à lui-même. Banni de Florence, sa patrie, il a erré par les routes en ressassant ses amertumes. Maintenant, c'est lui qui se substituera aux tribunaux trop humains, aux jugements pervers et aux institutions faillibles. Il va proclamer haut et fort la seule vraie condamnation, celle voulue par Dieu. Et tous ses ennemis vont y passer, car il possède le pouvoir infini du Poète. Il rend, lui aussi, des jugements éternels.

Nous abordons ici la vraie raison pour laquelle le prédicateur florentin Jérôme Savonarole, dans un célèbre sermon (1), a pris exemple, en le citant, sur le philosophe Platon pour condamner les poètes et leur poésie et les chasser de la Cité des hommes. Il ne s'agit pas, c'est évident, des petits poètes qui ne parlent que de gentillesses. Il s'agit bien de l'ombre sulfureuse de Dante qui plane encore au-dessus de sa ville natale. Savonarole pense évidemment à celui qui voulut rajouter son œuvre aux Saintes Ecritures et nous convaincre, par des subterfuges sataniques, qu'il écrit sous la dictée de Dieu son texte, par conséquent sacré.



La Divina Commedia (1555), Édition Gabriele Giolito de' Ferrari. Source : wikipedia.org

Voilà pourquoi un homme aussi érudit, aussi sensible, aussi pénétré par la conscience qu'il avait de la beauté, un prédicateur plein d'éloquence et de savoir, un homme raffiné a pu basculer dans l'intolérance absolue et rejoindre le parti des fanatiques. A l'œuvre de Dante, répond le grand sermon *Contre la poésie* de Savonarole (1). Ils se dressent, à plus d'un siècle d'écart l'un contre l'autre, dans un combat spirituel qui dépasse de très loin par sa hauteur la querelle des Anciens et des Modernes. Le poète a convié Virgile et le prédicateur appelle Platon comme témoin, car la confrontation est essentielle. Dans l'esprit de Savonarole, elle se déroule en champ clos en présence des deux grands de l'Antiquité. Pourtant, le champ n'est pas clos. Bien au contraire. Ils se font face de part et d'autre du seuil qui donne accès à la Renaissance, ces temps nouveaux dont ni l'un ni l'autre ne pouvait soupçonner une issue totalement improbable.

Qui aurait pu imaginer, de leur temps, qu'un philosophe allemand féru d'Antiquités, le même qui déclara « *Dante est une hyène poétique fouillant dans les sépulcres* » (Friedrich Nietzsche), en viendrait à se poser des questions sur la mort de Dieu ?

DANTE ET LA LITTÉRATURE PROVENÇALE

Les trois « grands » qui ont formé l'italien littéraire sont Dante, Francesco Petrarca (Francis Pétrarque) et Giovanni Boccaccio (Jean Boccace). Tous trois partagent le même rapport à la littérature provençale, mais celui qui a donné l'impulsion première est Dante. On peut donc, pour cette raison, le considérer comme le père de la langue italienne. A titre de comparaison, on parle aussi de la langue de Shakespeare ou de celle de Pouchkine, car ces poètes ont donné leurs lettres de noblesse à la langue anglaise et à la langue russe. Par contre, même si Du Bellay a écrit *La Deffence et Illustration de la Langue Francoyse*, la situation, dans ce cas, est plus complexe.

Avant l'entrée en littérature du toscan, la poésie européenne était essentiellement entre les mains des Troubadours qui s'exprimaient dans la langue de la cour du Roi René : le Provençal. Ces troubadours furent de grands créateurs. Ils dominaient la scène littéraire de la Méditerranée du nord. La poésie s'écrivait alors en provençal non seulement dans ce qu'on appelle aujourd'hui l'Italie mais bien plus largement. Dante, Pétrarque et Boccace connaissaient et pratiquaient couramment cette littérature. Elle est leur langue maternelle d'artistes. Tous trois ont écrit des textes en Provençal. Ce « bilinguisme » est particulièrement évident dans le cas de Pétrarque, dont on sait avec précision qu'il a étudié à l'Université de Montpellier, puis à celle de Bologne et qu'il a vécu dans les deux pays. Sa fameuse Laure est avec certitude une dame de la noblesse provençale dont la tradition nous a transmis le nom (Laure de Noles).

Dans le cas de Dante, subsiste un doute sur sa présence supposée en terre aujourd'hui française. On pense néanmoins, et c'est probable, qu'il a parcouru les chemins du comtat venaisin pendant son exil. Suite à quelques commentaires de Boccace, Frédéric Mistral est allé plus loin en imaginant un voyage à Paris. Victor Hugo a brodé davantage, en affirmant que Dante y aurait trouvé sa première inspiration, hypothèse vraiment infondée. C'est encore lui, capable de toutes les inventions, qui trouvait prétentieux de la part de Dante d'avoir pris comme titre la *Divine Comédie*. C'est la preuve qu'il n'était pas très au courant, ce titre n'est pas de Dante, ses premiers éditeurs italiens l'ont ima-

giné après sa mort (2, 3). Il faut dire qu'ils ont trouvé là des mots d'une grande justesse, à la hauteur du texte immense que Dante nous a laissé. Il est amusant de penser que c'est toujours notre Victor Hugo qui donna pour titre à un de ses propres poèmes *La légende des siècles...*

Les opinions de Victor Hugo et de Frédéric Mistral sur un hypothétique voyage dans le nord sont peu vraisemblables. Néanmoins, pendant ses longues années d'exil hors de Florence, il parcourait à pied l'Italie du nord en mendiant comme le raconte Merejkovskii dans sa belle biographie du poète florentin (4). Qu'il soit venu jusqu'en Provence dont il pratiquait la langue et les traditions est plus que probable. Il l'est beaucoup moins qu'il soit remonté vers le nord, pour une raison simple. La civilisation occitane prit fin brusquement (bien avant Dante) comme conséquence de la croisade dévastatrice de Simon de Monfort et des barons normands contre les Albigeois. S'en suivit la destruction systématique des fiefs féodaux du Midi, et l'anéantissement de leur richesse culturelle. Dante, profondément attaché à ce passé, en a conçu une détestation profonde pour l'action des Normands. Il paraît donc improbable qu'il ait jamais voulu voyager au nord de la Loire.

Acculé par la disparition de la culture de cour provençale et de la société qui l'avait pratiquée, Dante, le premier, prend donc le parti de ne plus écrire dans une langue désormais désuète et se rabat sur son parler natif : le toscan de la province autour de Florence, sa vraie patrie. Il invente à partir d'elle une langue noble et nouvelle, le florentin augmenté de mots latinisants. Nombre d'entre eux sont puisés dans le parler de la Provincia Romana, c'est à dire : de notre Provence qui préserve une forte empreinte de l'Empire Romain. A partir de cette langue un peu hybride, dominée par le Toscan mais riche en mots provençaux, il a forgé l'italien – une langue d'intellectuels, structurée par un grand poète des temps modernes. Peu de gens la parlent quotidiennement, car l'Italie reste divisée en provinces linguistiques. Quand vous demandez aujourd'hui ce qui constitue l'italien le plus pur, on vous répondra souvent *è fiorentino in bocca romana*. Dante a donc créé pour une élite ce qu'on appelle à présent l'italien.

Ce faisant, il n'a jamais renié ses maîtres en poésie, les Troubadours. La plus belle preuve en est donnée dans le *Purgatorio*, où, au beau milieu de son immense poème italien, il insère huit vers en provençal. Les voici, au Canto XXVI, du vers 140 à 147 (ici en italiques pour les distinguer du texte toscan qui précède et qui suit.) Dante

imagine rencontrer en personne le grand Troubadour de Provence Arnaud Daniel qu'il admire particulièrement. Celui-ci est au Purgatoire (c'est une magnifique idée pour avoir trop aimé et trop chanté l'amour :

Ei comincio liberamente a dire :
Tan m'abelis votre cortez deman
Que ieu non me puesc, ni-m vueil a vos cobririre,
Jeu sui Arnaut, que plor et vau cantan :
Car, sitot vei la passada folor,
En vei jausen lo jorn, qu'esper, denan,
Ara vos prec, per aquella valor,
Que us guida al som de l'escalina,
Sovegna vos a temps de ma dolor
 Poi s'ascose nel fuoco che li affina.

Il est extraordinaire que Dante passe sans transition d'un registre linguistique à un autre, comme un musicien virtuose pose un instrument pour s'emparer d'un autre. Il termine par une *terce rime* (la forme associée à Dante), où *l'escalina* est un mot provençal (pensez au Pas de l'Escalette qui ferme le Languedoc) et *affina*, à la rime, un verbe toscan. Voici la partie provençale en français :

Tant me touche votre courtoise demande
 Que je ne puis, ni ne veux me cacher de vous,
 Je suis Arnaud, qui pleure et vais chantant:
 Car, sitôt passés mes folies d'autrefois,
 J'aspire au nouveau jour espéré devant moi
 Et maintenant je vous prie, au nom des mérites
 Qui vous autorisèrent d'escalader la côte jusqu'ici,
 Souvenez-vous, quand votre temps viendra,
 de ma douleur

Ce passage montre que Dante, tout en pratiquant sa langue nouvelle, n'en perd pas pour autant sa maîtrise du provençal. Il tient absolument à nous rappeler la fontaine à laquelle il a puisé. Pétrarque, lui aussi, admirait particulièrement Arnaud Daniel. Cette fidélité à leurs origines des premiers maîtres d'une langue si voisine de la nôtre est très touchante. Raison de plus de ne pas l'oublier.

DANTE INSPIRATEUR DU MOUVEMENT PRÉRAPHÉLITE

Un thème fondamental chez Dante, est celui des souffrances de l'exil augmentées par la haine de ceux qui corrompent la patrie : « *Florence, tu n'auras pas mes os !* ». Son rapport douloureux à l'exil a beaucoup inspiré l'avènement du mouvement Préraphaélite au Royaume-Uni. Le peintre et poète Dante Gabriel Rossetti et sa sœur, la poétesse Christina Georgina Rossetti

(5) – avec Elizabeth Browning (6), l’une des plus impressionnantes poétesses anglophones de son époque – ont pour père Gabriele Pasquale Giuseppe Rossetti, poète nationaliste italien, originaire du royaume des Deux Siciles. Il avait épousé à Londres Frances Mary Lavinia Polidori fille de Gaetano Polidori, médecin de Lord Byron. Le frère de Frances, John Polidori, avait des ambitions d’écrivain, devint le secrétaire de Byron et (dans un épisode de plagiat célèbre) lui déroba le manuscrit du récit : *Le Vampire*, qu’il publia sous son propre nom avant d’être obligé à se rétracter sous la menace pressante des pistolets chargés du noble Lord. Il y avait donc, déjà, de très grands poètes dans l’entourage immédiat des Rossetti. En tant qu’exilé, Gaetano transmet à ses propres enfants un culte quasiment religieux de Dante, dont ils lisaient l’œuvre à haute voix en famille pour mieux s’en pénétrer. C’est certainement la raison pour laquelle, quand il devint le théoricien d’un mouvement poétique à Londres, Dante Gabriel eut l’intuition de se reporter à ce qu’on peut appeler la « première Renaissance » italienne, celle d’avant Raphaël. De là l’école très particulière, d’inspiration anglo-italienne qu’on nomme les « Préraphaélites ». Parmi les poètes de ce mouvement sa propre soeur Christina, qui écrivit en 1867 et 1884 deux études sur Dante soulignant l’importance, à ses yeux, du maître italien.

RÉFÉRENCES

- 1) Savonarole J (1989) *La Fonction de la Poésie* (Traduit et annoté par Bruno Pinchard). Éditions L’Age d’Homme, Lausanne.
- 2) Alighieri D (1894) *La Divina Commedia* (con commento Giacomo Poletto). 3 vol. en italien, Tipografia Liturgica di San Giovanni, Roma, Italia.
- 3) Alighieri D (1971) *La Divine Comédie* (Traduction en français d’André Pératé). 3 vol. Chez Jean de Bonnot, faub. St-Honoré, près la nouvelle église de la Madeleine, Paris.
- 4) Merejkowski D (1940) *Dante* Traduit par Jean Chuzeville. Éditions Albin Michel, Paris.
- 5) Rossetti C (1990) *Selected Poems*. Penguin Classics, Penguin Books Ltd, London,
- 6) Barrett Browning E (1948) *Sonnets from the Portuguese*. Avenel Books, Crown Publishers, The Limited Editions Club, New York.

NOTE

- ¹ A. Daniel, né à Ribérac vers 1150 et mort vers 1210, est un troubadour périgourdin de la fin du XII^e siècle.

La coquille Saint-Jacques, sentinelle de l'Océan, Laurent Chauvaud, 2019. Des Equateurs Eds., 136 pages.



Il est fort improbable qu'après avoir lu cet ouvrage, vous regardiez une coquille Saint-Jacques de la même façon. Ce livre, écrit par un chercheur CNRS, est aussi une aventure de recherche, à la fois patiente, attentive, rigoureuse s'enrichissant de l'ouverture à des disciplines voisines, une recherche un peu « buissonnière » étonnante.

On apprend donc que les ancêtres de la coquille Saint-Jacques étaient probablement présents à l'est des côtes de la Pangée il y a 185 millions d'années. A partir du Miocène, pour situer dans le temps, et de la région indo-pacifique pour la localisation, la coquille Saint-Jacques s'est établie sur tout le globe même si elle est maintenant devenue plutôt casanière. Son odyssée, où jouent un rôle, la rotation de la Terre, les alizés, le courant circumpolaire antarctique..., va bien au-delà de celle d'Ulysse !

Mais pourquoi s'être intéressé à la coquille Saint-Jacques ? Au-delà de son caractère symbolique et de ses qualités gustatives plus récemment appréciées, elle faillit disparaître de Bretagne lors des froids « sibériens » de 1963. La mise en place révolutionnaire d'une aquaculture de la coquille, qui en a résulté, fut déterminante ; elle a permis de l'étudier et conduit dans les années 1990 à examiner la coquille dans le contexte des changements environnementaux. Outil pour l'étude de l'environnement, la coquille se révèle précieuse à autant de niveaux que de chapitres de l'ouvrage : un thermomètre, une machine à remonter le temps, un couteau suisse, un révélateur de pollution, une archive et ce qui ne gâte rien, une beauté, - une nageuse si nécessaire- et une chanteuse (la liste n'est pas exhaustive), même si l'auteur ne sort pas indemne comme en témoignent la beauté et la poésie de l'*Artic Blues final*.

Prenons un ou deux exemples, hélas simplifiés et limités. Chaque jour la coquille Saint-Jacques marque sa croissance par une nouvelle strie. On a donc un calendrier. Sachant que la composition de la coquille est à plus de 90% du carbonate de calcium et ayant appris de quelques collègues que la proportion isotopique en oxygène varie avec la température de l'eau, l'auteur a donc l'idée de prélever à la micro-perceuse le carbonate de calcium d'une strie donnée et de mesurer sa teneur isotopique en oxygène. On en déduit la température de l'océan à la période même où le coquillage en élaborant sa coquille a incorporé ces isotopes ! On peut aussi cher-

cher des terres rares utilisées dans la fabrication de produits de haute technologie comme témoin de pollution ou celles utilisées en médecine : en rade de Brest, les coquillages témoignent grâce au gadolinium présent dans la composition des coquilles, de l'introduction et du développement de l'Imagerie par résonance magnétique (IRM) en Bretagne.

Nous ne saurions terminer sans évoquer, non plus l'enveloppe, mais les organes mous de la coquille Saint-Jacques et leur extrême aptitude « à réduire les coûts, à s'économiser, à dévier ses fonctions triviales, à optimiser et à recycler ». Chaque organe à plusieurs fonctions - pour n'en citer qu'un, la branchie par exemple permet de manger et de respirer... Leur réactivité aux pollutions de tout ordre, aux perturbations sonores, prouvent aussi une sensibilité et des efforts d'adaptabilité remarquables.

Et en plus, les coquilles Saint-Jacques ont les yeux bleus ! Une vraie découverte, un vrai plaisir de lecture...

Liliane Gorrichon

The discoveries and artistic talents of Edouard Chatton and André Lwoff, famous biologists, Marie-Odile Soyer-Gobillard & Joseph Schrevel, 2020. Cambridge Scholars Publishing, 228 pages.



Le prix Nobel décerné en 1965 à François Jacob, André Lwoff et Jacques Monod, n'a pas empêché les travaux de protistologie d'André Lwoff (1902-1994) et ceux de son maître Edouard Chatton (1883-1947) de tomber dans un relatif oubli malgré l'importance qu'ils ont pu avoir dans l'histoire récente de la biologie. On saura donc particulièrement gré à Marie-Odile Soyer-Gobillard et Joseph Schrevel, eux-mêmes protistologues qui, en leur temps, côtoyèrent directement André Lwoff, d'avoir eu l'initiative d'un livre revenant sur cette œuvre protistologique.

L'angle choisi est original, puisqu'il a été décidé de présenter Chatton, Lwoff, et leurs travaux à la lumière des qualités artistiques des deux collaborateurs, qui, à la fois dans leur enseignement, leur recherche et leur vie privée ont su faire montre d'une maîtrise tout à fait remarquable des techniques du dessin et de la peinture. L'étude des protozoaires demande à coup sûr des qualités d'observation significatives, et Chatton et Lwoff s'inscrivent ici dans une longue tradition de zoologistes exigeants quant à l'iconographie qui accompagne leurs

recherches (on pense par exemple aux travaux de Haeckel). L'ouvrage est ainsi richement illustré, on y trouve aussi bien des planches descriptives de nombreuses espèces et structures cellulaires que des reproductions de tableaux plus personnels.

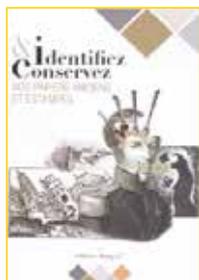
Le contenu scientifique n'est pas pour autant négligé puisque les éléments les plus saillants de leurs travaux et de leur longue collaboration sont rappelés de manière chronologique. Insistons particulièrement sur le travail fondateur de Chatton, qui, le premier, a posé la distinction si structurante entre organismes procaryotes et eucaryotes. Est ici notamment reproduit le tableau où cette distinction est pour la première fois présentée.

Ce livre bilingue français/anglais est donc une mine d'informations pour le lecteur contemporain, et, s'il n'est pas en tant que tel un livre d'histoire de la biologie, nul doute qu'il saura intéresser un large lectorat.

Laurent Loison

Laurent Loison est CR au CNRS, Institut d'Histoire et de Philosophie des Sciences et des Techniques (IHPST UMR 8590).

Identifiez et conservez vos papiers anciens et estampes, Olivier Maupin, *Seconde édition 2020, ré-édité à compte d'auteur O. MAUPIN-CFRPE, 152 pages.*



Cet ouvrage permet de découvrir les secrets du papier et de l'estampe comme un expert passionné. « Le papier a toujours été considéré comme la farine du savoir. Parcourir son épopée nous renseigne sur notre propre passé et nos manières de vivre au quotidien ».

Vous possédez une vieille lettre, un livre ancien ou une gravure et vous aimeriez les dater ? Ce spécialiste en conservation et restauration de documents anciens vous apprend à identifier la nature des neuf papiers fondamentaux, celle des douze techniques d'estampes, et à vérifier l'authenticité d'un dessin ou d'une estampe ; à l'appui du texte de très belles reproductions d'œuvres originales. La première partie traite des différents types de papier et de leur composition : Papyrus-Parchemin-Papier asiatique, arabe, chiffon de lin vergé (1336 à 1860), chiffon du XVIII^e siècle à nos jours, pâte mécanique de bois, chimique de bois, mécano-chimique de bois. Pour chacun d'eux, une « fiche d'identité » résume

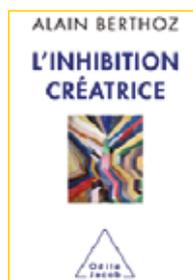
toutes les informations pour un usage pratique d'identification (deux exercices).

La seconde partie porte sur les différents genres d'estampes (bois de fil, pointe sèche, burin, eau-forte...) et les particularités de leur mode d'impression. Chaque estampe a sa « fiche d'identité ». Deux exercices d'identification sont proposés, ainsi que les cinq manières de tracer une légende d'estampe graphique. La mode des collectionneurs d'estampes apparue à la fin du 19^e siècle demande de faire figurer une mention sur chaque étape de leur réalisation dite « justification d'un tirage d'estampe ». À cela s'ajoute des conseils techniques de conservation des papiers anciens. Ce beau livre vous apprendra les petits gestes efficaces pour préserver ce patrimoine écrit en danger : éviter, atténuer et analyser les dégradations physiques, chimiques et dues aux insectes.

Olivier Maupin est restaurateur du patrimoine écrit. Dans son enfance, passionné par l'histoire de France et l'étude des insectes, il découvrit dans la bibliothèque de son grand-père une vieille édition des *Souvenirs entomologiques* de J. H. Fabre de 1925. Ce fut pour lui la découverte du Patrimoine écrit et le début de son aventure autour des livres anciens. Il y a un peu plus de 30 ans, il a fondé le Centre de formation de restauration du patrimoine écrit (CFRPE) où il mène ses travaux de recherche sur l'Archéologie du livre ancien. Le CFRPE fait partie des métiers d'art du label EPV-Entreprise du Patrimoine vivant. Un de ses grands travaux de restauration a été celui de l'encyclopédie de Diderot et d'Alembert provenant de la bibliothèque des Lazarites, aujourd'hui exposé au musée de Richelieu.

Evelyne Jautrou

Inhibition créatrice, Alain Berthoz, 2020. Odile Jacob, 384 pages.



L'idée générale qui se dégage de cet ouvrage, cinquième dans l'œuvre personnelle d'Alain Berthoz (neurophysiologiste), est que l'inhibition, loin d'être un processus purement négatif de blocage de l'action, permet le contrôle intelligent de l'ensemble des fonctions assurées par le cerveau. L'inhibition est

même la condition *sine qua non* de la création et donc de l'histoire humaine, d'où ce titre « Inhibition créatrice ». Mais l'homme en pervertit les merveilleuses facultés et l'utilise à des fins criminelles ou liberticides.

Une des grandes avancées des neurosciences modernes est actuellement réalisée sur les bases neurales des émotions et leurs relations avec le comportement, les fonctions cognitives et les relations sociales. Ce livre couvre l'ensemble de ces champs. Il est à la fois un inventaire « à la Prévert » des différentes fonctions de l'inhibition qui rythme les chapitres et un livre « atelier » d'idées et de découvertes scientifiques récentes qui donne une nouvelle grille de lecture aux sciences biologiques et aux sciences humaines et sociales.

Dans une première partie, l'auteur explique les bases neurologiques de l'inhibition (réseaux de neurones agissant via des neuromédiateurs...) et son rôle dans la sélection et l'anticipation de l'action suivant l'adage « agir c'est inhiber ». La décision est toujours sélection parmi de nombreuses solutions. Les bases neurales de la décision qui dépendent des ganglions de la base et du cortex préfrontal font largement appel à l'inhibition. Elle intervient dans l'apprentissage et l'éducation en permettant de corriger et d'affiner les automatismes. Elle permet de remplacer un trajet dans Venise par un autre plus rapide ou plus agréable. Elle est à la base de la « vicariance », c'est à dire la possibilité de résoudre un problème en adoptant diverses solutions. L'inhibition est donc au cœur de la création, car celle-ci nécessite de bloquer les réponses dominantes à un problème pour envisager d'autres pistes.

Il traite ensuite l'inhibition comme moyen de survivre, de penser et de vivre en société, d'être empathique, de rire, d'être tolérant et d'avoir une pluralité d'opinions, et de créer ou d'innover. L'inhibition nous offre aussi des moyens de faire face à l'improbable. Elle assure, par les lois et les règles morales, la paix sociale et la liberté.

Il évoque les nombreuses pathologies liées à des déficits des mécanismes inhibiteurs : difficultés motrices, maladie de Parkinson, impulsivité et hyperactivité, et déficits de l'attention, troubles de la décision, régulation de l'émotion et violence, etc. L'inhibition intervient dans la mémorisation en permettant de sélectionner ce qu'il est intéressant de conserver ou non. Par exemple des patients « confabulateurs » ne peuvent pas sélectionner dans les événements passés ceux qui sont pertinents pour la situation présente.

Puis il aborde « le revers de la médaille », à savoir, les perversions historiques, culturelles et sociales dues à l'inhibition et à ses abus, ou à l'absence de son usage raisonné. Par exemple le mensonge, le déni de risque (dire que le Covid est une simple grippe, fumer en sachant que cela donne le cancer). Mais aussi déni

d'identité de soi ou d'autrui comme dans la transformation de personnes ou d'enfants en terroristes et fanatiques. Enfin il évoque son rôle dans l'oppression, la censure, la dictature, l'excès de normes et d'interdits, la culture de la haine. Un livre très scientifique mais qui concerne aussi les fondements de nos valeurs.

Evelyne Jautrou

Opération porte ouverte, Anne Flamand, 2021. Ed. Jets d'encre, 270 pages.



Dans ce roman Anne Flamand met en scène une jeune chercheuse, Jeanne, fraîchement débarquée à New-York à la fin des années 1990, pour un post-doc de deux ans dans un laboratoire de virologie dirigé par un jeune et brillant chercheur. S'il s'agit d'un ouvrage de fiction, il est très sérieusement documenté et le récit est tout imprégné de l'expérience de la recherche en virologie de l'auteur, 30 années au CNRS, dont 15 ans à la tête du laboratoire de génétique des virus à Gif-sur-Yvette, entrecoupés de quatre séjours aux Etats-Unis. L'auteur fait pénétrer le lecteur dans les coulisses d'un laboratoire américain et d'un laboratoire français concurrents sur la scène internationale, donnant ainsi l'occasion de comparer les conditions de la recherche aux Etats-Unis et en France, dont Anne Flamand pointe le manque de moyens et les excès de bureaucratie qui les paralysent trop et découragent plus d'un(e) jeune chercheur. Malgré tout, c'est la France que choisira son héroïne, le cœur a ses raisons que la raison ignore... Une analyse très pertinente et toujours d'actualité du monde de la recherche qui se lit très agréablement.

Véronique Machelon

Le retour du père, Serge Feneuille, 2020. L'Harmattan, 80 pages.



Ce témoignage d'un fils sur un père qu'il ne connut qu'à cinq ans, de retour de captivité en 1945, est un récit très émouvant et plein de délicatesse. Ecrit après la mort de celui qui resta longtemps un mystère pour lui, ce petit livre est un très beau témoignage de piété filiale. Il est aussi un témoignage rare sur l'itinéraire d'un homme dont la vie fut bouleversée par les deux guerres qui dévastèrent

l'Europe dans la première moitié du XX^e siècle. Un père lointain et mystérieux dont le fils découvre peu à peu l'histoire qu'il nous fait partager. Une figure haute en couleur que ce père entraîné malgré lui dans des aventures qu'il n'avait jamais imaginées de vivre et auxquelles il fut confronté de façon brutale. C'est à travers ces itinéraires improbables, que sa personnalité se dévoile aux yeux d'un fils qui le découvre au soir de sa vie.

Véronique Machelon

La lumière révélée. De la lunette de Galilée à l'étrangeté quantique, Serge Haroche, 2020. Odile Jacob, 512 pages.



Dans ce livre fascinant, Serge Haroche décrit en alternance sa vie de physicien, ses recherches et ses découvertes et les grandes avancées historiques qui ont mené à nos connaissances actuelles, de manière très détaillée et pédagogique. Il présente tout d'abord les domaines qui l'ont passionné dans sa jeunesse, les mathématiques et l'astronomie, puis la théorie de la relativité et la physique quantique lorsqu'il était à l'École normale supérieure.

Puis il nous emmène dans un extraordinaire voyage à travers l'histoire de la lumière. Il raconte l'émergence des découvertes scientifiques majeures sur la lumière, qui commencent au début du XVII^e siècle, avec Galilée et l'invention de la lunette astronomique en 1610, puis les nombreux progrès aboutissant vers 1700 à deux théories contradictoires, l'une ondulatoire due à Huygens et l'autre particulaire due à Newton, qui finalement convergent au début du XIX^e siècle vers la nature ondulatoire de la lumière. Ensuite il décrit les nouvelles avancées dues aux équations de Maxwell en 1864 qui unifient la nature de la lumière, de l'électricité et du magnétisme. Il explique aussi comment la vitesse de la lumière a aussi constitué une énigme au cours des siècles. Galilée avait essayé de la mesurer mais sans succès. La vitesse de la lumière, considérée comme infinie par Descartes, a été mesurée avec de plus en plus de précision avec en 1850 une valeur assez proche de la valeur actuelle. Mais l'expérience de Michelson et Morley dans les années 1880, qui montre que la vitesse de la lumière ne change pas dans un référentiel en mouvement ouvre de nouvelles questions. D'autres contradictions demeurent aussi entre les théories et les observations, et le livre raconte ensuite la naissance des deux théories qui ont fondé la physique moderne, la théorie de la relativité et la physique quantique.

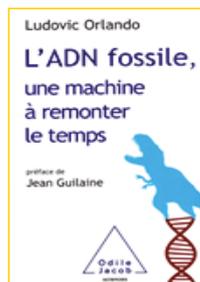
La levée des contradictions observées doit beaucoup au génie d'Einstein dont Serge Haroche explique en détail les avancées extraordinaires que lui doit la physique, avec des expériences de pensée qui permettent au lecteur d'appréhender les mystères de la relativité. Il montre comment, dans son célèbre article de 1905, Einstein résout l'énigme de la vitesse de la lumière en appliquant à la lumière le principe d'invariance énoncé par Galilée pour la mécanique des corps en mouvement et comment il unifie les concepts d'espace et de temps et ceux de masse et d'énergie.

Serge Haroche raconte ensuite la construction de la physique quantique par les scientifiques du début du XX^e siècle, qui permet maintenant de comprendre la nature de la lumière et de la matière et leurs interactions, avec de nombreuses discussions sur les particules se comportant comme des ondes, renouvelant le débat entre Huygens et Newton. Il introduit aussi les grands principes de la mécanique quantique, la superposition, qui dit qu'une particule peut être dans deux états en même temps et l'intrication qui dit que certaines particules forment des ensembles indissociables.

Puis Serge Haroche raconte le début de ses recherches durant sa thèse et au cours de séjours aux États-Unis, qui démontrèrent des effets quantiques nouveaux. Il explique comment, en rentrant des États-Unis, il a pu facilement commencer des expériences nouvelles et très risquées avec des atomes de Rydberg, atomes très excités qui peuvent atteindre une taille de l'ordre du micron. Il avait fait une simple demande au directeur du laboratoire, et il souligne l'avantage qu'avaient alors les jeunes chercheurs par rapport à l'époque actuelle, où ils doivent passer beaucoup de temps à chercher des crédits dans des agences de financement. Ensuite, Serge Haroche raconte les progrès rapides de la physique atomique et de l'optique quantique dans le monde et puis les développements de ses propres recherches basées sur des atomes de Rydberg interagissant avec des photons, qui répondent aux questions les plus surprenantes de la mécanique quantique. Il montre qu'on peut arriver à détecter un photon sans le détruire, à voir des sauts quantiques du champ lumineux, ou encore des superpositions d'états du champ, des chats de Schrödinger. Ce sont tous ces résultats remarquables qui lui ont valu le prix Nobel de Physique en 2012 et il souligne l'importance de la confiance et du soutien des institutions pour les recherches fondamentales, qui mènent à des découvertes vraiment nouvelles et souvent inattendues.

Élizabeth Giacobino

L'ADN fossile, une machine à remonter le temps, Ludovic Orlando, 2021. Éditions Odile Jacob, 256 pages.



Ce livre de Ludovic Orlando nous entraîne dans une aventure passionnante, qui est en grande partie la sienne, celle du décryptage des ADN anciens, extraits à partir de fossiles.

Isoler et séquencer de l'ADN à partir de fossiles était considéré, jusqu'à ces dernières années, comme mission impossible, car l'ADN se modifie et se dégrade au cours du temps. De plus l'ADN que l'on peut extraire des fossiles est le plus souvent contaminé par l'ADN des expérimentateurs qui les ont manipulés et par celui des microorganismes du sol dans lequel ils sont enfouis. Malgré ces écueils, grâce aux nouvelles technologies de séquençage et aux astuces déployées par quelques pionniers, avec qui Ludovic Orlando a travaillé, comme Svante Paabo et Eske Willerslev, c'est devenu possible dans un nombre de cas de plus en plus élevé.

La quête a débuté avec le séquençage de fragments d'ADN mitochondrial, puis de génomes entiers dont les plus spectaculaires ont été ceux de Néandertaliens. Ces études permettent de suivre à la trace, par la séquence de leurs gènes, ces premiers humains et d'estimer leur contribution à notre génome actuel. L'histoire est pleine de pièges et de surprises et révèle un fascinant paysage migratoire à l'échelle de la planète, qui n'est sûrement pas encore complet. Bien souvent, les résultats de la paléogénomique permettent de trancher entre des hypothèses divergentes de l'archéologie classique. La confrontation et la fécondation mutuelle de ces deux disciplines pour mieux décrire notre histoire est particulièrement intéressante.

Ce livre ne se limite pas à explorer l'aventure humaine, mais applique les mêmes technologies aux autres animaux, en particulier au cheval et ses ancêtres ou encore le mammouth laineux, aux plantes, comme la vigne, et même aux microbes en s'intéressant à ceux qui ont provoqué des pandémies historiques comme la peste, la variole ou la tuberculose. Tout au long de ces histoires, on y découvre les mécanismes de l'évolution, avec des surprises qui remettent en cause nombres d'idées préconçues.

Les derniers chapitres traitent de questions moins scientifiques, mais néanmoins capitales, comme essayer de comprendre et tirer les leçons des extinctions du passé, éclairer les notions de races et porter un autre regard sur

le racisme et les événements migratoires, ou encore comment revisiter l'archéologie et la linguistique à la lumière de la paléogénomique.

Cet ouvrage est écrit dans un style simple et direct, sans que des connaissances pointues en biologie moléculaire ne soient nécessaires. Il se lit comme un véritable roman policier.

Ludovic Orlando est directeur de recherche au CNRS, à Toulouse, où il dirige le Centre d'anthropologie et de génomique de l'université Paul Sabatier.

Michel Delseny

La graine de mon assiette. De l'origine de l'agriculture et des semences à une invitation à changer le monde, Véronique Chable & Gauthier Chapelle, 2020. Éditions Apogée, 200 pages



Issu du projet européen H2020 – DYNAVERSITY, cet ouvrage est le résultat d'un travail collaboratif visant à faire renaître la diversité cultivée dans nos campagnes européennes et à construire des alternatives agroécologiques à la mégamachine industrielle qu'est devenue, de nos jours, l'agriculture et plus largement l'industrie agroalimentaire internationale. La première partie de l'ouvrage résume l'histoire de l'agriculture et des semences, depuis le Néolithique jusqu'à son industrialisation puis l'émergence de l'agroécologie et de l'agriculture biologique au XX^e siècle. Les auteurs rappellent la conjonction de plusieurs évolutions concomitantes à l'origine de l'industrialisation de l'agriculture, à savoir la mécanisation des pratiques agricoles, l'emploi d'intrants chimiques et l'utilisation de semences créées et distribuées par des entreprises spécialisées.

L'ouvrage illustre comment le processus de sélection, depuis les pratiques paysannes du Néolithique aux biotechnologies des multinationales de l'Anthropocène, a conduit à la création d'espèces très productives et largement cultivées sur la planète. L'homogénéisation des cultures est devenue une source majeure de la fragilité des agroécosystèmes aux différents stress et de ce fait elle favorise l'émergence et la dispersion de nouveaux agents pathogènes, bien plus virulents que leurs ancêtres. L'ouvrage prédit que cette approche sélective de plantes capables de valoriser les intrants chimiques, et non les plantes capables d'autonomie pour aller puiser ses ressources dans le sol et/ou activer leurs mécanismes natu-

rels de défense, touche à sa fin. Le bouleversement que cela va entraîner est discuté en relation avec la fin du tout génétique, le développement de l'épigénèse et la découverte du rôle dans l'évolution du phénomène de solidarité entre organismes, en particulier l'importance pour la vie des plantes du microbiome symbiotique, compagnon incontournable de tout individu. Cela porte au concept d'holobionte (du grec « *holo* », tout, et « *bios* », vie), qui désigne l'unité biologique composée de l'hôte (plante ou animal) et de tous ses micro-organismes associés, et qui impose un changement, à savoir qu'il est temps de « passer de l'uniformité à la diversité ».

Le livre souligne l'importance de la diversité microbienne dans la prévention des maladies (humaines et végétales) ; son altération est vraisemblablement à l'origine de certaines maladies chroniques humaines (allergies, obésité et maladies mentales) et à l'émergence de nombreuses maladies dites « de civilisation ». L'actuelle faible diversité du microbiome humaine, notamment intestinal, est intimement liée à celle de notre alimentation, qui à son tour découle d'une faible diversité des plantes cultivées. Ainsi la diversité ne pourra revivre que par un changement profond de la façon de penser le vivant et d'organiser une recherche holistique et transdisciplinaire, rompant avec le réductionnisme actuel. L'ouvrage prédit que le développement des semences paysannes basé sur le maintien d'une diversité intra variétal (variétés populations), va pouvoir valoriser le potentiel adaptatif du végétal (notamment vis-à-vis du changement climatique) et par ricochet celui des territoires et des cultures, et offrir les moyens de pratiques agronomiques diversifiées afin de revitaliser les sols et la nourriture. Ainsi à partir des années 1970, des banques

de semences communautaires (eg Maison des semences paysannes) se mettent en place un peu partout dans le monde. Dans cette mouvance un nouveau métier a vu le jour, celui des artisans semenciers. Ceux-ci sont réunis dans une nouvelle organisation collective et syndicale, l'Organisation professionnelle des artisans semenciers européens, qui se bat pour placer cette activité dans un cadre réglementaire (et in fine à l'inscription de leurs semences au Catalogue Officiel) et pour sortir de l'approche dominante qui a abouti au référentiel DHS (Distinction, homogénéité, stabilité) à la base du commerce des semences. Des ouvertures se font jour notamment grâce au nouveau règlement européen de l'agriculture biologique qui a donné, dès cette année la possibilité à des professionnels de commercialiser, dans le cadre de cette agriculture, des variétés populations appelées « matériel hétérogène biologique ».

Ensuite, un chapitre est consacré au nouveau concept de justice écologique qui amène à penser la justice dans une vision du monde où les êtres humains constituent une espèce vivante parmi d'autres au sein du système terre et non un élément dominant. L'ouvrage se termine par l'analyse des interactions existantes entre le paysage phytosanitaire du vivant, notamment entre animaux et hommes, et les incohérences et fragilité de notre système alimentaire favorable aux épidémies, type Covid-19.

En conclusion un ouvrage facile à lire, fort documenté et bien illustré qui devrait faire le bonheur de tous ceux qui pensent que bien se nourrir est la première étape vers la santé.

Silvio Gianinazzi

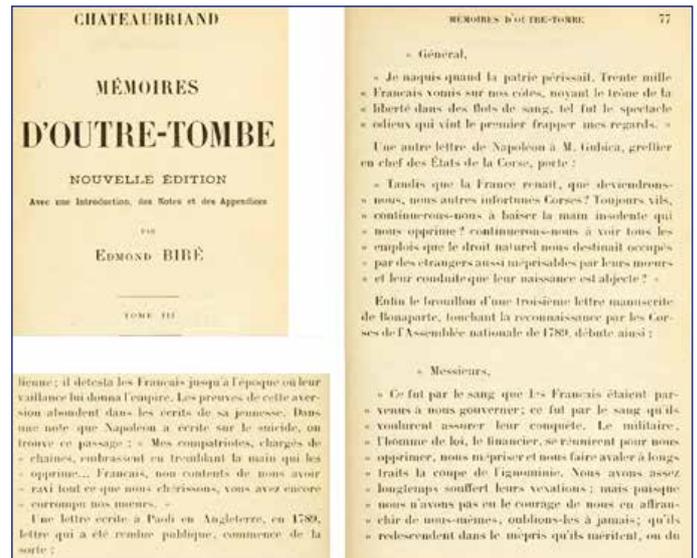
NAPOLÉON, LE CONTRASTE CORSE

Napoléon ! 200 ans après sa mort, c'est encore au moins un livre par jour qui lui est consacré. Les films dont il est la « star », légende noire ou légende dorée, sont légion. Quant aux requêtes sur les moteurs de recherche, elles en font le 2^e personnage le plus recherché après Jésus-Christ...

Si la controverse a agité en France et à l'international certains milieux pour savoir s'il aurait fallu célébrer, commémorer ou ignorer l'Empereur à l'occasion du bicentenaire de sa mort, en Corse c'est une fracture profonde qui reste ouverte derrière les pas de l'Empereur. Et alors même que les objets ayant appartenu à Napoléon s'arrachent à prix d'or à travers le monde - tel que le bicorne acheté par un Coréen plus d'un million huit cent mille euros -, Napoléon reste ici plus qu'ailleurs un sujet de discorde. S'il constitue indéniablement un motif de fierté que les insulaires brandissent volontiers comme un véritable talisman en dehors de l'île, il n'en va pas toujours de même, loin de là, en Corse. Avec une exception notable, celle que constitue Ajaccio, sa ville natale ; elle voue un véritable culte à l'empereur, culte certes historique, mais aussi commercial. Alors pourquoi dans le reste de l'île constate-t-on une si large défiance à l'égard du plus célèbre des Corses ? Et cette rancœur peut-elle s'atténuer en vue d'une *future réconciliation mémorielle* ?

On ne reviendra pas ici sur le procès de l'Empereur, largement fait ailleurs pour le meilleur mais surtout pour le pire, à une époque où il semble convenu de vilipender notre passé. C'est de son seul rapport à l'île dont il sera question. Le jeune Napoléon Bonaparte sera un virulent « nationaliste » corse, admirateur immodéré de Pasquale Paoli, le sage législateur qui en 1755 donna à l'île et au monde la première constitution démocratique écrite. Chateaubriand, dans ses Mémoires d'outre-tombe fait ainsi état de la lettre adressée en 1789 par Napoléon Bonaparte à Pasquale Paoli (cf illustration) ; le futur empereur s'y livre à une violente diatribe à l'encontre de cette France ayant conquis militairement l'île.

Napoléon aurait même fait le vœu d'être le successeur de Paoli, lui qui aura été nourri aux mêmes sources. De nombreux travaux, en particulier ceux menés à l'Université de Corse, attesteront ainsi d'une filiation entre les deux grands hommes. On se reportera par exemple aux communications de Marie-Thérèse Avon-Soletti *Napoléon Bonaparte et Pascal Paoli : une filiation, la même capacité à réaliser l'unité* publiée dans les Actes du colloque *Attentes et sens autour de la présence du mythe de*



Napoléon aujourd'hui (Ed. Piazzola – Università di Corsica, Corti, 2012). Déjà en 1974 dans son avant-propos à la réédition de l'ouvrage de M. Bartoli *Pasquale Paoli, père de la patrie corse*, Alain Spacenski-Sirinelli soulignait que « la comparaison entre Paoli et Napoléon s'impose immédiatement à qui se penche sur ce moment décisif de l'histoire corse » (...). Refusant d'opposer le père de la nation corse et l'Empereur, il affirme au contraire : « l'aigle ajaccien n'aurait jamais pris son vol sans Paoli ».

Mais c'est pourtant ce même Napoléon Bonaparte qui, parvenu au sommet de l'Etat français, décidera de l'envoi de colonnes infernales destinées à *pacifier* la Corse, la conquête militaire de l'île en 1769 et les précédentes campagnes de pacification n'ayant pas éteint les nombreux foyers de résistance. Le général Morand, pour ne citer que lui, recevra les pleins pouvoirs en 1801 afin d'exercer une féroce répression. Villages martyrs, justice d'exception, exécutions sommaires, exactions, déportations, torture, rien ne sera épargné aux villageois. La mémoire populaire a conservé ces terribles souvenirs, qui hantent aujourd'hui encore les villages martyrisés. Autant dire qu'une haine farouche est enracinée dans les régions les plus meurtries, telles que le *Fiumorbu*.

Ironie du sort, alors que le moindre lieu gardant trace de l'impérial passage développe une large communication culturelle et commerciale à ce sujet, la Corse n'a que rarement cherché à valoriser le grand homme, souvent éclipsé sur l'île par la figure de Paoli. Il faut néanmoins souligner que l'affection des Corses à l'égard de Paoli a longtemps été intériorisée, quelquefois même dissimulée pour ne pas heurter « la francité » de la Corse ; l'image du *Babbu di a Patria* (le père de la patrie) comme il est volontiers surnommé, s'est largement imposée lors des *riacquisiti*, c'est-à-dire, selon la sociologue Anne Meistersheim,

« la réappropriation de la langue, des expressions artistiques et culturelles, des savoir-faire, réactivation ou recréation d'une forme d'identité collective, réappropriation de l'Histoire ». Le premier *riaguistu* est intervenu lors de l'entre-deux-guerres, le second à partir des années 1970.

Ce manque d'entrain des Corses à célébrer, ou au moins à commémorer l'enfant du pays devenu empereur est néanmoins peut-être en passe de s'estomper. C'est en tout cas le sens des travaux menés en Corse depuis les années 2000 par des chercheurs de l'université de Corte. Et, paradoxalement, cette œuvre en faveur de la réappropriation de Napoléon par les Corses est soutenue par certains hommes politiques « nationalistes », au premier rang desquels figure l'universitaire Jean-Guy Talamoni. Si le projet de « réhabilitation » de Napoléon ne fait pas l'unanimité au sein du camp « nationaliste », il repose néanmoins sur des fondements culturels et économiques d'importance.

Tout d'abord parce qu'une telle « reconnaissance » serait susceptible de renforcer auprès des touristes, réels ou potentiels, l'identification de l'homme à son île : en effet, on constate encore régulièrement que des touristes étrangers sont surpris d'apprendre en arrivant dans l'île que Napoléon est originaire de ce petit morceau de terre. L'impact sur le tourisme pourrait être ainsi particulièrement bénéfique, et ce d'autant plus qu'il s'agirait d'un tourisme plus culturel, permettant de surcroît d'entraîner une meilleure connaissance de l'histoire de l'île, et notamment de l'œuvre de Pascal Paoli. Plus largement, permettre une perception internationalement élargie de « la Corse, île de Napoléon » soutiendrait l'exportation de la production insulaire, créant un effet de levier, stimulant cette production souvent très qualitative mais encore peu abondante. Le pari est malheureusement loin d'être gagné dans ce territoire où l'unanimité reste une bien improbable hypothèse...

Fabrice Bonardi

... ET NAPOLÉON FIT LE TESSIN

La Suisse, ou Confédération helvétique, comme chacun sait, est un état fédéral constitué de plusieurs cantons (aujourd'hui 26), chaque canton étant une petite république. Ce qui est moins connu est le rôle que Napoléon Bonaparte joua dans l'évolution de la Suisse et, encore moins, comment parmi ses cantons on en trouve un dont la langue officielle est l'italien ! Ce canton italien,

pure création napoléonienne, a été dénommé Tessin en 1798 par le général français Guillaume Brune, du nom de la rivière qui le traverse (comme cela était souvent le cas pour les départements français nouvellement créés sous Napoléon). Cette dénomination a été présentée quelque mois plus tard par le zurichois Hans Conrad Escher (très sensible aux idées des Lumières et de la Révolution française) au parlement de la République helvétique, qui l'entérina. Elle sera reprise dans l'Acte de Médiation en 1803 par Napoléon Bonaparte, acte qui consacra la naissance de ce nouveau canton suisse.

Un peu d'histoire

La vieille Confédération helvétique, constituée de 13 cantons germanophones avec des états alliés et des territoires soumis (1), fut balayée par l'armée républicaine française en 1798. A sa place naîtra la République helvétique « une et indivisible », modelée sur le centralisme institutionnel français et qui abolissait le protectorat des cantons souverains sur les territoires vassaux (bailliages), notamment des bailliages italo-phones au sud des Alpes (Fig. 1). Bien que cette nouvelle constitution proclamât le suffrage universel, l'égalité des citoyens devant la loi, la liberté de pensée, de circulation et de commerce, elle s'accordait mal aux vieilles traditions fédéralistes et les systèmes régionaux de gouvernance de la Suisse. Mal acceptée par la population, elle sera source de désordre et de nombreux conflits jusqu'en 1803 lorsque Napoléon, premier consul de France, convoquera à Paris les représentants helvétiques (y compris ceux du Tessin) pour élaborer un nouveau texte constitutionnel. Il les accueillera avec ces mots : « La nature a fait votre État fédératif : vouloir la vaincre ne serait pas d'un homme sage ». Ainsi avec l'Acte de médiation du 19 février 1803 concédé à la Suisse par Napoléon pour pacifier les factions en lutte au bord de la guerre civile, naîtra la moderne Confédération helvétique de 19 Cantons accueillant en son sein les nouvelles républiques d'Argovie, Thurgovie, Vaud, Saint Galle, Grison et Tessin.

1798 a été l'année de l'émancipation des 8 bailliages suisses au sud du Saint Gothard (Fig. 1) par la volonté de la République française, qui en leur concédant la liberté, leur demandait d'être partie intégrante de la République helvétique (2). La naissance de l'État tessinois et son adhésion à la Suisse ne fut pas le résultat d'un libre choix, mais la conséquence d'un mariage forcé imposé par la France (3). La République helvétique avait réuni les 8 ex-bailliages dans 2 Cantons (Lugano et Bellinzona) et avec l'acte de Médiation en 1803, ces territoires furent fusionnés pour créer le Canton du Tessin : le pouvoir fut confié au Grand conseil (organe législatif) élu par le

peuple, et au Petit Conseil (organe exécutif, aujourd'hui dénommé Conseil d'Etat) élu par le Grand Conseil. Trois autres baillages de langue italienne (Valtellina, Bormio, Chiavenna), appartenant aux Ligues grises (futur canton des Grisons dans l'Acte de médiation), seront perdus définitivement en 1798 et annexés à la République cisalpine.



Fig. 1 : Les 11 baillages suisses de langue italienne au XVIII^e siècle. Source : Marco Zanoli, (Wikimedia Commons)

Le nouveau canton ainsi créé ne consistait pas en un peuple, mais en un ensemble fragile de 8 districts qui, bien que juste apposés et peu lointains les uns des autres, variaient énormément dans leurs lois, usages et coutumes. Cette situation demandera un effort énorme pour édifier l'Etat cantonal. Il suffit de se rappeler que le conflit sur le choix du chef-lieu cantonal (défini dans la nouvelle constitution par Napoléon comme devant être Bellinzona) dégénéra à un tel point jusqu'à requérir, en 1870, l'intervention des troupes fédérales. Bellinzona ne deviendra définitivement la capitale du nouveau canton qu'en 1878, c'est-à-dire 75 ans après sa création !

Choix du drapeau

L'origine du drapeau cantonal coïncide avec la date d'autonomie pour le Tessin : 1803. Le décret législatif voté le 26 mai 1803 par le Grand conseil sur proposition du Petit conseil établit que (i) les couleurs du Canton Tessin sont le bleu et le rouge et (ii) le blason aura la forme ovale coupé verticalement en deux parties : le rouge sera placé à droite et le bleu à gauche de qui regarde (3), comme dans celui de la ville de Paris : faut-il y voir une coïncidence ou un signe de reconnaissance envers Napoléon ? Les actes officiels ne disent rien à ce sujet, mais la deuxième interprétation semble la plus vraisemblable. Il suffit de se rappeler que

lors de sa première séance du 20 mai 1803, le Grand conseil décida d'écrire une lettre de remerciements au médiateur qui en accusera réception. Le même Grand conseil dans la proclamation aux habitants du Tessin du 25 mai 1803, définit l'auteur de l'Acte de médiation « l'incomparable héros Bonaparte » (4).

Les deux couleurs, bleu et rouge, deviendront ensuite les emblèmes de deux partis politiques majeurs du canton : le bleu pour les conservateurs et le rouge pour les libéraux, et le décret législatif de 1803 ne sera pas interprété toujours de manière exacte et uniforme. La résolution gouvernementale du 6 octobre 1930, faisant suite au nouveau décret législatif du 22 septembre 1922, met fin à cette situation et établit que le rouge doit être placé sur la gauche (3).

Les milices napoléoniennes tessinoises

Peu après l'Acte de médiation, la Suisse établit avec la France un traité d'Alliance défensive et de capitulation militaire (4), ce qui impliquait pour la Suisse le recrutement de 16 000 soldats pour les milices françaises, chiffre qui fut ensuite réduit à 1200, dont 600 à pourvoir par le canton Tessin.

Lors de la bataille de la Berezina en 1812, les soldats tessinois du bataillon suisse au service de Napoléon firent le vœu, en signe de reconnaissance de leur survie, de commémorer ces faits dramatiques en défilant chaque année lors de la fête patronale de leurs villages respectifs. Ainsi encore aujourd'hui dans 3 villages (Aquila, Léontica, Ponto Valentino) du nord du Tessin (val di Blenio), des milices « napoléoniennes » défilent chaque année en uniforme militaire lors de la fête patronale (Fig. 2) (5).



Fig. 2 : Les milices historiques napoléoniennes d'Aquila posent à côté de la chapelle qui leur est dédiée. (Photo Davide Buzzi, extraite de l'article de Devittori Vittore, www.vallediblenio.ch/aquila/milizia/)

Avec la chute de Napoléon et la restauration, quelques cantons chercheront à restaurer les anciens privilèges

vis-à-vis des territoires autrefois vassaux, mais cela ne fut pas accepté par le congrès de Vienne de 1815. Toutefois le canton du Tessin, comme les autres cantons, devra se plier à modifier sa constitution selon les exigences des puissances victorieuses.

Remerciements

Je tiens à remercier Bernardino Croci-Maspoli, conservateur du Museo Etnografico del Malcantone (www.museodelmalcantone.ch), pour m'avoir mis à disposition des documents nécessaires à la rédaction de cet article et pour sa relecture.

Références

- (1) Caddeo R (1937) Stato politico e morale del Ticino alla vigilia della reazione del 1799. ASSI, p. 189.
- (2) Ghiringhelli A (2003) La nascita di Ticino : l'Atto di mediazione et la faticosa costruzione del Cantone. *Arte & Storia* 4 : 26-33.
- (3) La bandiera ticinese. *Schweizer Soldat : Monatszeitschrift für Armee und Kader mit FHD-Zeitung* 17 (1941-1942), p. 760.
- (4) Caldelari PC (2003) *Napoleone e il Ticino*. Ed. Stato del Canton Ticino, 475 pages.
- (5) Adamoli D, Robbiani D (2012) *Milizie bleniesi: milizie storiche della valle di Blenio tra storia e memoria*. Salvioni Edizioni, 283 pages.

Silvio Gianinazzi

Oraison du Prince Consort

Le monde entier vient de perdre son Prince consort, Philippe Mauntbatten, duc d'Edimbourg. Je dis : le monde, car il s'agit d'une ribambelle de nations, toutes endeuillées, avec l'exception possible de la Russie et de la Chine. Ni monsieur Poutine, ni le camarade Xi Jinping ne se sont exprimés à ce propos.

Il me semble que les féministes du monde entier seront attristées. Voici enfin un homme (et un militaire, de surcroît) qui a eu de bon goût de marcher toujours trois pas derrière son épouse et de la laisser aux commandes d'une nation. Il faut dire que les commandes avaient été prudemment débranchées par le Parlement britannique il y a plusieurs siècles, mais c'est le geste qui compte et ce geste, le monde entier l'avait remarqué.

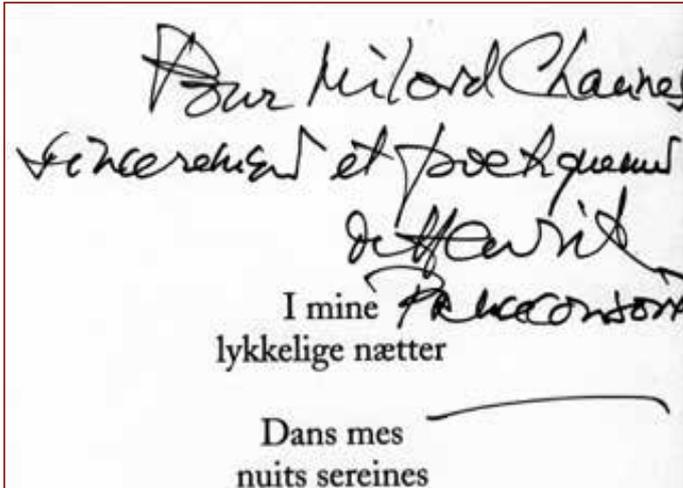
Vous me direz : mais en quoi ceci concerne-t-il le monde entier ? Je me suis également posé cette même question,

et j'ai un début de réponse, car les médias (qui s'étaient tus jusqu'à présent à son propos) lui découvrent à présent toutes sortes de qualités singulières et insoupçonnées qui fournissent l'explication.

Premièrement, il était érudit. Voilà une qualité (c'est l'évidence) dont un Prince ne doit surtout pas faire étalage de son vivant, car ce serait d'un mauvais goût presque bourgeois. Il a donc bien fait de n'en rien laisser soupçonner. Vous me demandez la preuve de cette érudition ? Eh bien, pour commencer, il était trilingue, ce qui n'est pas mal. Les journalistes ont pénétré jusqu'à sa bibliothèque. Ils y ont trouvé « Bonjour Tristesse », non pas en traduction, mais en français, et tout le monde sait (ou devrait savoir) que, depuis son enfance à Saint-Cloud, le Prince s'exprimait parfaitement dans la langue de Molière. Quant à l'érudition, la bibliothèque de feu Son Altesse royale comptait environ treize mille volumes, sur une infinité de sujets (Sciences, philosophie, morale, politique, etc.) Vous direz qu'il est difficile, même dans une vie aussi longue que la sienne, de lire treize mille volumes tout en étant attentif aux huit cent charités dont il s'occupait. Mais je pense qu'il s'agit aussi d'esthétique. Quelques images de cette fameuse bibliothèque révèlent que les reliures, toutes en cuir et dorées sur tranche, avaient un aspect merveilleusement princier. Un beau décor.

Ensuite, il fut militaire. C'est sans doute le meilleur de son histoire, car Philippe Mauntbatten a même commandé un navire de guerre (frégate anti-submarine HMS Magpie). J'ai cherché dans quelle bataille et je le cherche encore, mais la discrétion du Prince est telle qu'on a du mal à percer le mystère. Il l'a dit lui-même : je n'ai commandé que pour un an, car le roi Georges VI est mort brusquement, ce qui a mis fin à ma carrière navale. Mais tous les témoins (y compris ceux qui ont servi sous ses ordres) sont d'accord qu'il aurait pu devenir amiral, car il était doué. Il aurait même pu devenir *First Lord of the Sea* (titre réservé au meilleur de tous les amiraux de Sa Majesté) mais voilà : le sort en a décidé autrement.

Troisième mérite : il a dû sacrifier à la nation sa propre religion pour devenir Prince consort. Ici, j'ai eu du mal à retracer les événements. C'est une histoire qui a des relents d'Henri IV chez nous. Londres vaut-il une messe ? Mais il est vrai que le parlement britannique traite la question des messes avec beaucoup de circonspection. Pour être précis, le Prince n'est devenu ni catholique romain, ni franchement protestant mais anglo-catholique. C'est un peu spécial. La reine étant cheffe (comme on dit aujourd'hui) de cette étrange secte dont



Josef de Maistre doutait qu'il s'agisse vraiment d'une religion, on peut se demander aussi si l'évènement était sacrificiel. C'était plutôt (comme toujours) pour marcher spirituellement à trois pas derrière son épouse. Voilà une preuve de cohérence. Vous me demanderez : mais quelle était donc sa religion au départ ? Ce n'est pas parfaitement clair, car sa famille venait du Danemark, en principe protestant. Entretemps, ils avaient occupé un moment le trône de Grèce, en principe orthodoxe. Sa maman fut saisie de mysticisme orthodoxe, un peu comme la Tzarine de toutes les Russies avec son Raspoutine, mais nul ne sait exactement où en était le jeune prince. Enfin, il faut faire des compromis avec Dieu pour mériter un trône. Ce n'est peut-être pas le sacrifice qui lui a le plus coûté.

Quatrième mérite : il a été réfugié, voire même SDF. Perdre le trône de Grèce fut une sorte de bénédiction qui le transforma en réfugié politique. Or, de notre temps, l'honnêteté passe forcément par là. Le chevalier de Méré, ami de Blaise Pascal, qui inventa l'honnête homme au Grand siècle et en donna la définition, serait de notre avis. Le Prince consort, qui ne lisait pas ses livres mais savait d'instinct ce qu'il fallait dire et penser, qui partit à la guerre commander un navire mais en revint sans en

avoir coulé d'autres, qui se conforma avec modération à la religion officielle de son peuple et suivit toujours à trois pas derrière son épouse, eut en plus le mérite de débarquer sans feu ni lieu dans son pays d'adoption. Voilà, de notre temps, le meilleur de l'honnête homme. Convenez-en : il l'incarna parfaitement. Aujourd'hui, pour être moralement irréprochable, il est bon de commencer par être réfugié, comme font les romanichels. Cela, quoique prince, il l'avait parfaitement assimilé.

Voyez : il serait difficile de trouver la moindre chose à lui reprocher. Dernier atout : il eut une enfance malheureuse, avec de grandes sœurs qui ont mal tourné (n'en parlons même pas). Pourtant, il sut retomber sur ses pieds. En résumé, on ne peut mieux faire dans le sens de l'honnêteté parfaite...

Voici encore un détail qui pourrait vous amuser...

Prince consort n'est pas une activité très répandue dans le monde, mais il y en avait deux au même moment. Nos contemporains ne se sont pas beaucoup émus à la disparition du Prince consort Henrik de Danemark. Pourtant, le Prince Henrik, poète français à ses heures, était un authentique homme de lettres. Il aurait beaucoup plus à Jules Laforgue, en tant que successeur de Hamlet par le titre ainsi que par son poème sur Les jardins d'Elseneur.

Je n'ai jamais rencontré le duc d'Edimbourg mais, par contre, le prince Henrik, je le connaissais : il était un de mes lecteurs (que je regrette infiniment) et me gratifiait parfois du nom 'Milord' Chaunes. Dans son esprit, il s'agissait évidemment du prénom, tiré de la chanson d'Edith Piaf. Les princes consorts n'eurent jamais le privilège d'anoblir leur entourage... Petit dessous de cartes. Il me reste de lui ses poèmes dédiés et de beaux souvenirs de Copenhague.

Jean-Patrick Connerade
12 avril 2021

Jean Dalibard, médaille d'Or 2021 du CNRS

Jean Dalibard est un physicien très connu au niveau international pour ses avancées remarquables dans le domaine des atomes ultra-froids. Ce sont ces travaux pionniers qui lui ont valu en 2021 la Médaille d'Or du CNRS, le prix scientifique français le plus prestigieux.

Dès le début de sa carrière, Jean Dalibard a initié des méthodes de ralentissement et de piégeage d'atomes en utilisant des lasers et des champs magnétiques. Ces méthodes ont ensuite permis d'amener tous les atomes dans leur plus bas niveau d'énergie et de former un condensat de Bose-Einstein, avec une température très proche du zéro absolu. Jean Dalibard a démontré pour la première fois la superfluidité de ces condensats de Bose-Einstein, une propriété similaire à celle de l'hélium liquide à basse température, découverte en 1938. Pour cela il a soumis le condensat atomique à une rotation. A cause de la superfluidité, le condensat ne tourne pas globalement mais des vortex (des tourbillons locaux) quantifiés apparaissent dans le système.

Jean Dalibard a aussi développé de manière très novatrice la simulation quantique, qui utilise ces atomes ultra-froids pour reproduire le comportement d'autres systèmes quantiques trop complexes pour être modéli-

sés par des calculs. Ces atomes se comportent comme des particules et des ondes que l'on peut manipuler à volonté grâce à leur très faible température.

En plus de ses découvertes expérimentales sur le refroidissement et le piégeage des atomes et sur les condensats de Bose-Einstein, Jean Dalibard a mis en place de nouvelles méthodes théoriques pour étudier ces systèmes très complexes en particulier les fonctions d'onde de Monte-Carlo, qui sont maintenant utilisées très largement pour modéliser l'évolution des atomes et leur interaction avec des photons.

Jean Dalibard donne chaque année une série de cours au Collège de France qui ont un impact unique sur la communauté scientifique, avec une rigueur et une pédagogie remarquables. Il a eu de très nombreux prix qui reconnaissent ses découvertes remarquables. Et de manière très intéressante, ses travaux de recherche fondamentaux contribuent fortement au développement actuel des technologies quantiques, dont beaucoup utilisent ces nouveaux outils que sont les atomes ultra-froids.

Elizabeth Giacobino

Les lauréats 2021 de la médaille de l'Innovation CNRS

La médaille de l'Innovation a été créée il y a 10 ans par le CNRS pour honorer des scientifiques travaillant au sein de l'institut pour leurs travaux exceptionnels qui ont conduit à des innovations marquantes sur le plan technologique, thérapeutique ou social, valorisant la recherche scientifique française ([//www.cnrs.fr/fr/talents/cnrs?medal=41](http://www.cnrs.fr/fr/talents/cnrs?medal=41)). En effet, la valorisation des recherches peut prendre différentes formes : dépôts de brevets, programmes de pré-maturation de projets innovants, laboratoires de recherche commun avec des acteurs économiques, création de *start-ups* ... Les quatre lauréats qui ont reçu la médaille de l'innovation 2021 du CNRS viennent de domaines de recherche très différents et ont emprunté des voies de valorisation diverses.

Antoine Aiello (CNRS/Université de Corse Pasquale-

Paoli) a créé et dirige le plateforme Stella Mare (labellisé CNRS), qui est dédiée à l'ingénierie écologique marine et littorale. Il vise à établir une gestion intégrée des ressources vivantes par la maîtrise de la reproduction et l'élevage d'espèces « ingénieuses » remarquables du point de vue écologique et/ou socio-économique (par exemple, l'huître plate).

Nora Dempsey (DR CNRS, Institut Néel du CNRS) développe des micro-aimants haute performance, avec les applications dans les domaines très différents. Par exemple, l'utilisation des micro-aimants pour capturer des molécules dans des applications de diagnostic médical (start-up *Magia Diagnostic*) ou l'intégration de micro-aimants dans des micro-systèmes de type moteur, actionneur ou récupérateur d'énergie (projet *MicroMagFab*).

François Jérôme (DR CNRS, IC2MP Poitiers) est spécialiste des procédés de chimie durable qui emploient des agents physiques catalyseurs (champs électriques, ondes de choc, ondes ultrasonores) pour transformer du sucre d'origine végétale en produits chimiques : tensio-actifs, solvants, monomères. Il est à l'origine de la fédération de recherche Increase du CNRS créée en 2015, et à l'initiative de l'International symposium on green chemistry, congrès international de référence de la chimie verte.

Amanda Silva Brun (CR CNRS, Laboratoire MSC, Université Paris Diderot) travaille sur la production et l'ingénierie des vésicules extracellulaires (VEs), naturelle-

ment émises par les cellules, pour la médecine régénérative et la délivrance de principes actifs. Elle développe une technologie de production en masse des VEs, en stimulant leur libération via un flux turbulent, et à la mise au point de leur utilisation dans un traitement des fistules digestives. Lauréate de l'ERC en 2020, elle a cofondé deux start-ups : EverZom (production des vésicules) et Evora (traitement des fistules).

Pour en savoir plus : <https://lejournald.cnrs.fr/nos-blogs/de-la-decouverte-a-linnovation/voici-les-laureats-2021-de-la-medaille-de-linnovation>

Les 180 ans de la Société archéologique de Touraine, partenaire d' A3 CNRS



Créée en 1840, la Société archéologique de Touraine (SAT) localisée à Tours a fêté en 2020 ses 180 ans. Malgré le terme « société » donné à l'origine et conservé depuis, il s'agit d'une association.

<https://www.societe archeotouraine.eu/>

Cette Société reconnue d'utilité publique en 1872, accueille amateurs ou curieux, étudiants, chercheurs et professionnels qui s'intéressent à l'étude, la défense et l'illustration du passé de la Touraine et de son patrimoine. Avant la pandémie du Covid-19, il y avait 600 membres. Elle a pour objet de « conserver, mettre en valeur le patrimoine tourangeau, le faire connaître par ses publications annuelles, ses conférences mensuelles, ses expositions, ses relations et échanges avec de nombreuses sociétés savantes françaises et étrangères ».

Elle propose de multiples activités : conférences mensuelles, gestion des collections exceptionnelles (prêt national et international), organisation régulière d'expositions (présentation collections, Journées du patrimoine, Nuit européenne des Musées...), gestion de sa riche bibliothèque (12000 titres sur Tours, la Touraine, les régions avoisinantes), la pratique de recherches historiques, visites de sites historiques (parfois inaccessibles au grand public), concerts, édition annuelle d'ouvrages... Elle encourage par des prix des travaux universitaires portant sur l'histoire, l'histoire de l'art et l'archéologie de notre

province. La présence et le rayonnement de cette Société se maintiennent depuis l'origine et le site de son siège, la chapelle Saint-Libert, est devenu partie prenante de la vie culturelle et de la mémoire de Tours et du département.

Par la convention, signée en juillet 2018 avec notre Association, la SAT est devenue un de nos partenaires. Dans le cadre de ce partenariat :

- tout adhérent de l'A3 du CNRS peut participer aux activités de la SAT. Dans le cadre d'une activité de l'A3 en Touraine, les adhérents de la SAT pourront aussi y participer
- d'autre part, le siège Saint-Libert, église désaffectée et restaurée en 2015, devenu lieu de conférences, d'expositions, de concerts, est mis à notre disposition gracieusement.

Suite à la pandémie du Covid-19, des « lectures-découvertes » écrites par des adhérents du SAT ont été mises en lignes, afin de pallier l'arrêt des activités. Selon les thèmes, ces lectures peuvent intéresser nos adhérents de l'A3 (Louis XI, Balzac, ...).

Les 180 ans du SAT ont été l'occasion au travers d'une exposition synthétique de présenter d'importants éléments de sa longue histoire et de son activité, mais également de ses projets d'aujourd'hui qui montrent combien la SAT est vivante et combien elle s'inscrit plus que jamais dans le paysage culturel de notre Touraine.

Evelyne Jautrou

BERNARD FONTAINE

Après une longue bataille contre le cancer, Bernard Fontaine s'en est allé le 14 Avril 2021 à l'âge de 78 ans.

Après un doctorat de 3^e cycle obtenu à l'université d'Aix-Marseille en 1967 sur l'étude des plasmas produits en tube à choc, Bernard a commencé sa carrière de chercheur au CNRS au sein de l'un des premiers laboratoires universitaires associés au CNRS, l'Institut de mécanique des fluides de Marseille où il a été recruté en 1968. Ainsi a débuté sa longue carrière scientifique dans le domaine des plasmas et sa passion pour l'étude des lasers, à une époque où il fallait construire et régler son propre laser de laboratoire avant d'envisager son utilisation.

Formant un duo créatif et à l'enthousiasme débordant avec son collègue et ami Bernard Forestier, Bernard a ainsi été un grand artisan des développements des premiers lasers à gaz de puissance en France. Après avoir soutenu son doctorat ès sciences en 1973 sur l'excitation de gaz rares par décharge électrique, il a ouvert en particulier la route aux lasers excimères ultraviolets de forte puissance et à taux de répétition élevé, puis exploré la capacité de nouvelles molécules d'excimères ioniques afin d'étendre le domaine spectral d'émission laser vers l'Ultraviolet du vide. En parallèle de ces recherches largement pionnières et innovantes, il a dirigé avec Bernard Forestier l'équipe Nouveaux lasers de l'IMFM pendant plus de 20 ans, où ils ont su construire un cadre particulièrement propice à l'exercice de la recherche en promouvant une grande liberté d'action et l'éclosion des plus jeunes.

Eternel battant pour défendre le métier de chercheur et le CNRS, Bernard avait aussi exercé de nombreux mandats et responsabilités au comité national dont certains en tant que président de section. Résolument engagé vers l'action sociale et publique, il a été un membre très actif du SNCS-FSU et du CAES du CNRS. Vers la fin de sa carrière, Bernard a accompagné les premiers pas du laboratoire LP3 avec la générosité et la bienveillance qui le caractérisaient notamment envers les plus jeunes. Inlassable lecteur, il a consacré une large part de son éméritat à la transmission de son savoir au travers de l'écriture de livres sur les lasers en lien avec le domaine de la défense.

D'une mémoire fabuleuse et d'une curiosité scientifique sans cesse renouvelée, Bernard venait encore très récemment au laboratoire pour discuter et s'informer. Sa présence nous manquera terriblement.

Philippe Delaporte, Marc Sentis et Olivier Utéza
Laboratoire LP3

JACQUES SEGUINOT

Jacques Séguinot, un grand physicien des détecteurs et l'un des pères fondateurs de la technique du détecteur Tchérénkov à focalisation annulaire (RICH), nous a quittés le 12 octobre 2020.

Né en 1932 dans un petit village de Vendée, il obtient son doctorat en sciences physiques en 1954, et suit un parcours classique de stagiaire de recherche en 1954 à directeur de recherche en 1981. À partir de 1960, il travaille sur des expériences avec les accélérateurs, d'abord à Saturne (CEA Saclay), et à compter de 1964, auprès du synchrotron à protons du Cern, pour étudier les interactions fortes avec des faisceaux de pions et de kaons. À la fin des années 1960, il établit une étroite et fructueuse collaboration avec Tom Ypsilantis, jetant les bases d'une technologie innovante d'identification des particules, connue sous l'acronyme RICH (*Ring Imaging Cherenkov Counter* – compteur Tchérénkov à focalisation annulaire), ou CRID (*Cherenkov Ring Imaging Detector* – détecteur Tchérénkov à focalisation annulaire) de l'autre côté de l'océan. Les premiers dispositifs RICH ont été déployés avec succès pour des expériences à cible fixe comme le spectromètre magnétique OMEGA du Cern. Au vu de l'intérêt croissant pour les usines à mésons, ils travaillent sur des détecteurs RICH plus rapides, débouchant sur des applications dans le détecteur CLEO RICH (de l'anneau de stockage CESR), ainsi que dans les détecteurs RICH à base de CsI d'ALICE, de COMPASS. Dans le cadre d'un programme lancé au milieu des années 1990 visant à développer des photodétecteurs hybrides (HPD), Jacques Séguinot propose un modèle innovant pour un appareil de tomographie par émission de positons (TEP), et dans le cadre de la collaboration AX-PET, il contribue à la construction d'un appareil de tomographie axiale par émission de positons reposant sur des photodétecteurs SiPM, pleinement opérationnel. Ses idées révolutionnaires lui survivent dans les détecteurs les plus récents, comme celui de l'expérience BELLE-II au Japon. Avec la disparition de Jacques Séguinot, la physique des hautes énergies perd un remarquable physicien des détecteurs doté d'une personnalité chaleureuse et bienveillante.

*Extrait du texte de Christian Joram
et Fabio Sauli paru sur le site du CERN*

L'Association des Anciens et des Amis du CNRS (A3)

Fondée en 1990 par les regrettés Pierre Bauchet, Jean-Baptiste Donnet, Claude Fréjacques, Charles Gabriel et Pierre Jacquinot

Présidente : Liliane Gorrichon

Vice-présidente : Elisabeth Giacobino

Vice-président adjoint : Jean-Claude Lehmann

Secrétaire général : Gilles Sentise

Trésorière : Anne Jouve

Vérificateur aux comptes : Jean-Pierre Schwaab

Conseil d'administration

Membre de droit : Antoine Petit, Président-directeur général du CNRS

Membres élus : Roger Azria • Françoise Balestié • Fabrice Bonardi • Mireille Bruschi • Daniel Charnay • Gérard Coutin • Laurent Degos • Alain Foucault • Elisabeth Giacobino • Vivienne Gianinazzi-Pearson • Liliane Gomet • Liliane Gorrichon • Dominique Grouselle • Évelyne Jautrou • Anne Jouve • Jean-Claude Lehmann • Denis Linglin • Véronique Machelon • Jean-Pierre Régnauld • Patrick Saubost • Gilles Sentise • Marie-Gabrielle Schweighofer • Dominique Simon • Abderrhamane Tadjeddine.

Invités : Edmond Lisle - Président d'honneur • Jean-Pierre Schwaab - Vérificateur aux comptes

Bureau

Liliane Gorrichon, Elisabeth Giacobino, Jean-Claude Lehmann, Gilles Sentise, Anne Jouve

Chargé(e)s d'activités

Administrateur de la base de données : Anne Jouve

Communication : Dominique Simon

Informatique : Daniel Charnay

Voyages : Annick Périllat

Relations avec l'industrie : Roger Azria

A3 Magazine : Véronique Machelon et Vivienne Gianinazzi-Pearson

Représentants régionaux

- Alpes Dauphiné : Christiane Bourguignon • Alsace : Jean-Pierre Schwaab • Aquitaine : André Calas • Bretagne et Pays de la Loire : André Perrin
- Centre-Est : N..... • Centre - Poitiers : Serge Sapin • Centre-Val de Loire : Paul Gille et Jean-Pierre Regnauld • Hauts de France : N.....
- Ile de France : Dominique Grouselle, Dominique Ballutaud, Solange Lassalle • Limousin - Auvergne : Gérard Montarou
- Normandie : Laurent Beauvais • Occitanie Est : Serge Rambal • Occitanie Ouest : Yvan Segui • Provence-Côte d'Azur-Corse : Mireille Bruschi
- Rhône : Bernard Ille et Liliane Gomet.

Membres d'honneur

- Guy Aubert • Geneviève Berger • Catherine Bréchnignac • Edouard Brézin • Claude Cohen-Tannoudji (médaille d'Or CNRS, prix Nobel)
- Yves Coppens • Jacques Ducuing • Cléopâtre El Guindy • Serge Feneuille • Albert Fert (médaille d'Or CNRS, prix Nobel)
- Andrew Hamilton (Vice-chancelier de l'université d'Oxford) • Henry de Lumle • Nicole Le Douarin (médaille d'Or CNRS)
- Jean-Marie Lehn (médaille d'Or CNRS, prix Nobel) • Bernard Meunier • Arnold Migus • Pierre Papon • Jean-Jacques Payan
- Jean Tirole (médaille d'Or CNRS, prix Nobel) • Charles Townes (prix Nobel).

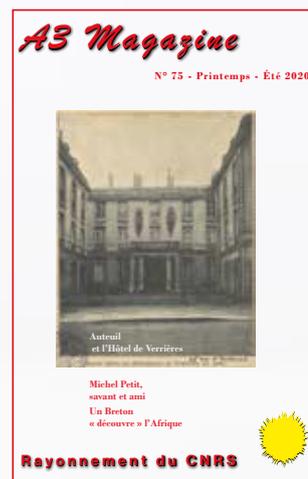
Rayonnement du CNRS a également eu parmi ses membres d'honneur les grands scientifiques suivants, aujourd'hui disparus :

- Maurice Allais (médaille d'Or CNRS, prix Nobel) • Baruj Benacerraf (prix Nobel) • Robert Chabbal
- Christiane Desroche-Noblecourt (médaille d'Or CNRS) • Jacques Friedel (médaille d'Or CNRS) • François Jacob (prix Nobel)
- François Kourilsky • Rudolph Mössbauer (prix Nobel) • Michel Petit • Norman Ramsey (prix Nobel).

DERNIÈRES PARUTIONS

Magazine n° 75 - Printemps-Été 2020

- Michel Petit, savant et ami



Magazine n° 76 - Printemps 2021

- La santé des plantes



Portail BibCNRS

Les adhérent(e)s de notre association A3 bénéficient d'un accès au portail des ressources documentaires de BibCNRS, opéré par Inist, qui met à la disposition des unités et des chercheurs du CNRS des millions de ressources électroniques d'articles, de revues et d'ouvrages, ainsi que des bases de données. Multidisciplinaire, BibCNRS propose dix espaces thématiques correspondant à chacun des dix instituts scientifiques du CNRS. Une nouvelle version du portail, avec une interface simplifiée, a été mise en place en 2020.

Si vous êtes adhérent(e) de notre association A3 et vous souhaitez accéder au portail de BibCNRS, veuillez prendre contact avec daniel.charnay@gmail.com afin que vous soient communiqués l'identifiant et le mot de passe du portail. Les informations de connexion sont réservées aux adhérents et ne devront pas être communiquées.

Association des Anciens et des Amis du CNRS

Siège social : 3, rue Michel-Ange 75794 Paris cedex 16
Siège administratif : CNRS Meudon Bellevue - 1, place Aristide-Briand - 92190 Meudon
Site web : <http://www.a3cnrs.org>

Pour toutes les questions relatives à la base de données et aux cotisations :
Anne Jouve, trésorière de l'A3 - a3tresoriere@gmail.com

A3 Magazine est destiné aux adhérent(e)s de l'A3.
Le bulletin d'adhésion est disponible sur le site : www.a3cnrs.org
Votre inscription vous permet aussi de recevoir le Journal du CNRS.

Impression : Clumic Arts graphiques - 70 bis, rue de Romainville - 75019 Paris