

spirale

HUMANISME ET PROSPECTIVE

Direction de la publication

Patrick Brunel

Rédaction en chef

Patrick Brunel

Comité éditorial

Christine Barré-De Miniac, Roland Branquart, Alain Grangé-Cabane, Pierre-Marie Lledo, Pierre Maurel, Michel Payen, Jacques Samouelian.

Auteurs

Jean-Michel Besnier, Martin Blachier, Alain Bouvier, Stuart Firestein, Jean Haëntjens, Roman Hossein Khonsari, Jean de Kervasdoué, Pierre-Marie Lledo, Michel Payen.

Impression : Print France Offset

3, rue de l'Atlas - 75019 Paris

Conception et réalisation : Louisaleka Studio

La revue *Spirale* est éditée par le CIU

Cercle Inter Universitaire

Euro2c

122, rue de Provence

75008 Paris - France

N° ISSN : 2491-2999

- 55 **Se nourrir en 2050**
// Jean de Kervasdoué
- 83 **L'homme du futur sera-t-il en bonne santé ?**
// Martin Blachier
- 101 **Un nouveau statut pour le patient de demain**
// Pierre-Marie Lledo
- 117 **L'avenir de la médecine prédictive**
// Roman Hossein Khonsari
- 145 **L'échec, pourquoi la science réussit-elle si bien ?**
// Stuart Firestein
- 163 **NOTE DE LECTURE**
***La Vallée du Silicium*, de Alain Damasio**
// Michel Payen

Retrouvez les précédents numéros de la revue *Spirale*,
en consultation libre, sur le site internet
du Cercle Inter Universitaire : www.c-i-u.fr

Remerciements

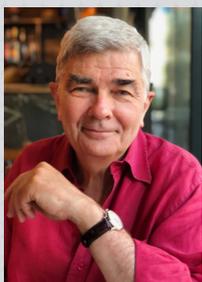
En juin dernier, Pierre Chastanier, président-fondateur du Cercle Inter Universitaire (CIU), a choisi de « passer la main » et de confier la direction de l'association à un nouveau président et à une nouvelle équipe.

J'ai accepté de relever ce défi et les membres du CIU m'ont accordé leur confiance.

Au moment d'entamer une nouvelle année de rencontres, d'échanges et de débats, je tiens, en mon nom et en celui du comité éditorial, à remercier chaleureusement le Président Chastanier pour l'œuvre qu'il a accomplie. Sans son énergie, son dynamisme et son entregent, le CIU et *Spirale* n'existeraient pas. Qu'il trouve ici la marque de notre profonde gratitude.

LE CERCLE INTER UNIVERSITAIRE

Préface par Patrick Brunel, président du CIU



Le Cercle Inter Universitaire (CIU), association culturelle et lieu de réflexion, se propose, dans une perspective humaniste et universaliste, de réfléchir aux grandes questions sociétales, mais aussi éthiques et philosophiques.

« Que puis-je faire ? Que dois-je faire ? Que m'est-il permis d'espérer ? Qu'est-ce que l'homme ? » Ces interrogations sur lesquelles Kant entendait fonder la philosophie, sont aussi celles qui nous servent de boussole dans nos travaux.

En réunions ouvertes avec conférencier invité, ou en comités de travail restreints aux membres de l'association, le CIU réfléchit sur l'éducation, la santé, les enjeux géopolitiques du monde, les nouvelles technologies, la laïcité, la démocratie, la République...

Venus d'horizons divers, les membres du Cercle se réclament de l'idéal humaniste et républicain. Ils reconnaissent que les partis sont indispensables à la vie démocratique, mais ils savent que seule une mutuelle compréhension entre les hommes permet de dépasser les clivages et que mieux vaut chercher à se comprendre qu'essayer de se convaincre.

Le Cercle a l'ambition de donner à ses membres l'occasion de réfléchir aux grands enjeux du monde et de la condition humaine. Il lui apparaît que seule la prise en compte de la puissance des processus de symbolisation qui, souterrainement, continuent de régir nos sociétés, est à même de favoriser l'interaction entre les hommes, d'aider à retisser le lien social et aussi de lutter contre le mouvement de « désymbolisation » qui, selon l'analyse si pertinente de Marcel Gauchet, caractérise le régime de « l'autonomie » sous lequel nous vivons. C'est pourquoi le Cercle s'intéresse aussi à la vie de l'esprit et aux grandes questions que les hommes se posent depuis toujours.

Éloigné de toute pensée dogmatique et de tout esprit polémique, le Cercle Inter Universitaire veut agir en recherchant des propositions nouvelles tournées vers l'avenir et, dans un esprit de fraternité et de tolérance, tenter d'éclairer la société sur les enjeux et les défis de demain.

Avis aux lecteurs

Spirale est la revue du CIU, Cercle Inter Universitaire, cénacle tourné vers le dialogue et l'action. Ayant pour devise « Humanisme & Prospective », *Spirale* et le CIU se donnent pour objectif de rassembler ce qui est épars et de réunir hommes et femmes de bonne volonté, dans un triple souci de raison, de tolérance et de progrès.

Le CIU accueille dans un esprit d'ouverture et d'empathie tous ceux et celles qui se recommandent de diverses écoles de sagesse. Le but ultime est de permettre à chacun de mieux se connaître, de mieux connaître les autres et de mieux connaître le monde afin de pouvoir agir. La revue *Spirale* rassemble les contributions qui répondent à une exigence d'humanisme, de lucidité et de prospective.

Spirale s'écarte délibérément de toute pensée extrémiste ou dogmatique. Les points de vue exprimés relèvent de la seule confrontation d'idées dans un souci d'approfondissement et d'élargissement afin de progresser vers plus de vérité.

À ce titre, *Spirale* accueille volontiers toute contribution répondant à ces principes. Dès lors, il serait vain de rechercher dans *Spirale* une ligne éditoriale spécifique ou orientée. Seul importe le respect des principes et des valeurs du CIU. Par voie de conséquence, le comité éditorial de *Spirale*, dans son souci d'ouverture et de pluralisme, ne peut être tenu pour responsable des articles publiés. Les opinions exprimées relèvent de la seule responsabilité de leurs auteurs à partir du moment où l'esprit qui anime le CIU est respecté.

Quant à l'équilibre entre les opinions exprimées dans ses pages, *Spirale* confirme qu'il ne peut être mesuré au sein d'un même numéro; c'est seulement sur la longue période, au fil de plusieurs numéros, que cet équilibre pourra être vérifié. *Spirale* tiendra le plus grand compte des réactions de ses lecteurs aux articles qu'elle aura publiés. Sur ces principes, *Spirale* entend offrir à ses lecteurs le plaisir de la lecture, la joie de la réflexion et le bonheur de la probité.

Le comité éditorial

ONT COLLABORÉ À CE NUMÉRO

Jean-Michel Besnier

Professeur émérite de Philosophie à Sorbonne Université, Jean-Michel Besnier y a dirigé le Master Conseil éditorial et Gestion des connaissances, ainsi que l'équipe de recherches 3559 « Rationalités contemporaines ». Membre du Centre de recherches en épistémologie appliquée (CREA) pendant une vingtaine d'années, il fut responsable scientifique du Pôle de Recherches « Santé connectée et Homme augmenté », à l'Institut des sciences de la communication du CNRS. Il a également effectué deux mandats au Centre national du Livre dont il présida la Commission Littérature scientifique et technique. Auteur de plusieurs ouvrages, il a notamment publié *Histoire de la philosophie moderne et contemporaine* (Livre de poche), *L'homme simplifié. Le syndrome de la touche étoile* (Prix 2012 du Nouveau Cercle de l'Union, Fayard 2012), *Un cerveau prometteur. Conversations sur les neurosciences* (avec F. Brunelle et Florence Gazeau, éditions Le Pommier 2015), *Les robots font-ils l'amour ? Le transhumanisme en 12 questions* (avec Laurent Alexandre, éditions Dunod 2016, ré-éd. Poche 2024).

Martin Blachier

Médecin de santé publique, Martin Blachier dirige un bureau d'études internationales en santé. Ses domaines de prédilection sont l'épidémiologie, l'économie de la santé et les politiques de santé. Il a publié *Méga-gâchis* (Cerf, 2022) et *Les 10 Menaces sur notre santé* (Cerf, 2023).

Alain Bouvier

Docteur d'État en mathématiques pures, Alain Bouvier a exercé plusieurs responsabilités de direction d'établissements publics ou de services publics : IREM de Lyon, MAFPEN de Lyon, IUFM de Lyon. Il a également été recteur de l'académie de Clermont-Ferrand de 2000 à 2004. Nommé membre du Haut Conseil de l'Éducation en 2006, il a terminé sa carrière universitaire comme professeur de management public à l'IAE de l'Université de Poitiers dont il est professeur émérite. Actuellement, il est professeur associé à l'université de Sherbrooke et co-directeur de la collection Profession cadre Service public qu'il a créé. Il est l'auteur de *L'école de mes rêves*, *Nouveaux propos d'un mocking bird* (L'Harmattan, 2022).

Patrick Brunel

Enseignant-chercheur à la Faculté des lettres de l'Institut Catholique de Paris, Patrick Brunel est l'auteur d'une thèse de doctorat (Université Paris IV-Sorbonne) sur *Le Rire de Proust* (Honoré Champion, 1997), de *La Littérature française du XX^e siècle* (Armand Colin, 2002), d'un essai-portrait sur *Vladimir Horowitz, le Méphisto du piano* (Josette Lyon, 1997). Il a participé au *Dictionnaire des lettres françaises, Le XX^e siècle* (Le Livre de Poche, 1998). Ses travaux portent essentiellement sur le comique dans la littérature romanesque de la première moitié du XX^e siècle et plus largement sur le rire.

Stuart Firestein

Professeur de Neurosciences, Stuart Firestein est ancien directeur du département de biologie de *Columbia University*. Son laboratoire est un l'un des plus en pointe dans le monde pour la recherche en neurosciences dans le domaine de l'odorat. En plus de ses activités de recherche, il est un acteur engagé au service de la transmission de la science auprès du public. Il est l'auteur de plusieurs livres, dont *Les Continents de l'ignorance* (Odile Jacob, 2014).

Jean Haëntjens

Économiste, urbaniste et prospectiviste, Jean Haëntjens est un spécialiste des politiques urbaines. Il intervient comme consultant et conférencier auprès d'administrations, de collectivités,

d'entreprises et d'universités, en Europe et au Canada. Il a publié une dizaine de livres sur l'écologie urbaine et la ville numérique, dont « *Comment l'écologie réinvente la politique* » qui a reçu, en 2020, le prix du livre pour l'environnement de la fondation Véolia.

Roman Hossein Khonsari

Ancien élève de l'ENS, Praticien hospitalier dans le Service de chirurgie maxillo-faciale et chirurgie plastique, Hôpital Necker – Enfants malades, AP-HP, Roman Hossein Khonsari est Professeur de chirurgie à la Faculté de médecine de l'Université Paris Cité. Il dirige le Laboratoire Forme et Croissance du Crâne à l'Institut Imagine et est Directeur médical du *Health Data Hub*. Il est titulaire du prix Ignobel 2025 en anatomie.

Jean de Kervasdoué

Diplômé de l'Institut National Agronomique de Paris et de l'école du génie rural et des Eaux et Forêts, Jean de Kervasdoué a d'abord exercé dans le domaine de la santé, au centre de recherche en gestion de l'école polytechnique (1974-1981) et l'AP-HP où il crée le service des études économiques. Conseiller (agriculture) au cabinet de Pierre Mauroy (premier ministre), en 1981, il est nommé directeur des Hôpitaux au Ministère de la Santé (1981-1986), puis créé et dirige une société de conseil de la santé (1986-1997), avant de redevenir Professeur, titulaire de la chaire d'économie et de gestion des services de santé au Conservatoire National des Arts et Métiers (1997-2016). Il y crée l'école « Pasteur/CNAM » de santé publique (2006-2013). Depuis l'automne 2019, il tient une chronique au Point.fr. Auteur de nombreux ouvrages sur les systèmes de santé, mais aussi passionné d'écologie, il a publié plusieurs livres critiques de l'écologie politique.

Pierre-Marie Lledo

Ancien élève de l'École Normale Supérieure, membre de l'Académie Européenne des Sciences, Pierre-Marie Lledo est depuis 2001 chef de l'Unité « Perception et Action » à l'Institut Pasteur et depuis 2014, Directeur du Département des Neurosciences. Il est aussi depuis 2004 Directeur du Laboratoire de Recherche « Gènes et Cognition »

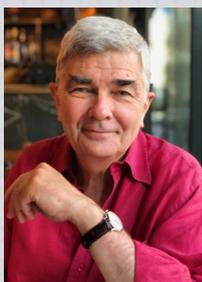
au CNRS. De 2008 à 2021 il fut professeur invité à l'Université de Harvard à Cambridge (USA). Il intervient comme expert en Science Cognitive auprès des chefs d'entreprise.

Michel Payen

Formé à l'École Normale d'instituteurs, Michel Payen a été professeur de lettres modernes puis directeur d'établissement. Très concerné par la question de la diversité culturelle, il s'est confronté aux difficultés d'application du principe de laïcité et à l'approche problématique des conceptions religieuses dans l'espace public. Il est l'auteur de *La laïcité et l'enfant*, en collaboration avec Philippe Bluteau, aux Éditions Weka, et de l'article sur la spiritualité dans le *Dictionnaire de la laïcité*, Éditions Armand Colin.

ÉDITORIAL

Par Patrick Brunel



Évoquant l'avenir de la démocratie et retraçant le passage, au cours des cinq cents dernières années, du monde de l'hétéronomie à celui de l'autonomie, Marcel Gauchet avance l'idée que depuis le milieu des années 1970, un monde nouveau a surgi qui se caractérise notamment par le fait que « le fil conducteur qui nous rattachait à une histoire intelligible s'est rompu ». Nous ne croyons plus aux grands récits (le mythe du progrès, la perspective de l'émancipation du genre humain...) et nous nous étonnons même de la naïveté de nos devanciers qui, eux, y croyaient.

Et pourtant, ajoute le philosophe, « nous travaillons avec une énergie encore plus grande que la leur à la production du futur, mais un futur dont nous savons, nous, non dupes que nous sommes, que nous ne pouvons rien savoir (...) Notre nouvelle sagesse nous enseigne de nous accommoder de la prison du présent où nous nous trouvons enfermés, une prison aux murs invisibles, peuplée d'activistes au service d'un avenir qui leur échappe et sans appui dans le passé »¹.

1 Marcel Gauchet, *L'Avènement de la démocratie*, t. IV, « Le nouveau monde », Gallimard, 2017, pp. 639 et 640.

Avec ce dixième numéro de *Spirale*, nous avons voulu quitter cette prison et fuir la compagnie de ces « activistes » déracinés et désenchantés. Sans avoir voulu chercher à imaginer précisément de quoi demain sera fait, nous sommes partis de nos propres interrogations – pourquoi le futur nous inquiète-t-il ? pourquoi n'en a-t-il pas toujours été ainsi ? – pour essayer de comprendre les enjeux anthropologiques des changements qui nous attendent.

Jean-Michel Besnier ouvre ce dossier en problématisant l'idée même de futur. Le titre malicieux de son article, « L'avenir du futur n'est pas garanti », outre qu'il fait écho au titre d'ensemble du numéro, « L'homme du futur a-t-il un avenir ? », ouvre sur de nouvelles interrogations : s'il n'est plus possible d'adhérer au mythe du progrès linéaire, est-ce à dire que le futur connote avant tout une notion de rupture, ou de fin de quelque chose ? Désormais, rien n'est-il plus désirable ? Mais si tel est le cas, ne sommes-nous pas condamnés à vivre en proie au fatalisme, ou poussés à céder aux sirènes du transhumanisme ? Et qu'en est-il de l'informatique quantique : ouvre-t-elle sur un « avenir radieux » ou est-elle lourde de « gros nuages » ? Enfin, les interfaces cerveau-machine vont-elles laisser une place au développement de la conscience et de la vie intérieure ? Bref, le futur qui se profile sera-t-il compatible avec le maintien du sens moral ?

Ne voulant pas donner aux lecteurs de *Spirale* à penser la question de l'avenir sur un mode exclusivement théorique, nous avons choisi de la décliner en l'appliquant à différents domaines. Jean Haëntjens aborde celui de l'urbanisme et dresse un portrait des villes de demain, non sans se demander quels seront les nouveaux « modèles urbains » et s'ils seront à l'origine de « mutations anthropologiques ». Alain Bouvier, pour sa part, réfléchit à l'école. Déçu par celle « de la République » et sa « lourde technostucture », sa « bureaucratie webérienne, injonctive, verticale », son système pédagogique figé, il esquisse « l'école de [s]es rêves » qui serait « apprenante et humaniste ». Jean de Kervasdoué ose, quant à lui, un exercice de pure prospective : que mangerons-nous en 2050 ?

Compte tenu des réalités démographiques, géopolitiques, économiques, « que se prépare-t-il en cuisine, ou plutôt, en laboratoire ? » Et quelles seront les conséquences, en termes de santé publique et d'économie de la santé, d'éventuels changements de nos habitudes alimentaires ?

Cette question nous conduit tout naturellement à ce qui constitue la thématique phare de cette réflexion sur l'avenir : la médecine. Le lecteur trouvera ici trois approches distinctes, mais complémentaires. En se demandant si l'homme du futur sera en bonne santé, Martin Blachier réfléchit en fait à une « nouvelle condition humaine » : les récents progrès de la médecine ont entraîné un fait démographique majeur, « le vieillissement des populations au-delà de soixante ans », mais non accompagné d'une espérance de vie en bonne santé qui, elle, stagne. Dès lors, que va devenir la protection sociale collective ? Et face aux maladies du futur (cancers, addictions, obésité, troubles mentaux), qu'en est-il de la médecine des « 4P » ? Une prophétie en trompe l'œil, affirme l'auteur qui incite plutôt à s'intéresser à « l'évolution de notre modèle social et sociétal » car « la santé de l'homme du futur s'écrit aujourd'hui ».

Pierre-Marie Lledo s'intéresse lui aussi à la médecine prédictive et préventive, dont il pense qu'elle sera à l'origine d'un « nouveau statut pour le patient », mais qu'elle pose plusieurs défis cruciaux, tant d'ordre technique (avec quels outils traiter les quantités massives de données et comment « relever le défi du décryptage de la complexité du Vivant ? »), que social (nécessité de repenser la structure du système de soins) et éthique (comment gérer les données privées des patients, les protéger de la cybercriminalité ?). En un mot, comment la médecine de demain demeurera-t-elle démocratique ?

Roman Hossein Khonsari souligne les difficultés auxquelles se heurte la médecine prédictive et affirme que seule une « anticipation rationalisée » permet d'y parvenir dès lorsqu'elle s'appuie sur des « outils » rationnels, parmi lesquels la modélisation statistique.

Fondée sur la construction de grandes bases de données, celle-ci n'est pas sans poser des questions scientifiques et techniques, mais aussi politiques. La démonstration s'appuie sur l'exemple des « jumeaux numériques craniofaciaux » et sur le rôle de l'intelligence artificielle, avec tous les problèmes que celle-ci soulève : protection de la vie privée, partage des bases de données et, plus largement encore, souveraineté numérique. Mais la conclusion se veut optimiste : « Une France confiante et ouverte a un rôle majeur à jouer dans le futur de la médecine prédictive. »

Notre numéro s'est ouvert sous l'égide de la philosophie, il se referme sous celle de la science. Stuart Firestein se livre brillamment à un exercice emprunté à la rhétorique antique : l'éloge paradoxal, en l'occurrence celui de l'échec dans la recherche scientifique. « Ce sont les échecs qui donnent de la crédibilité à la science et qui garantissent son intégrité. » Ils conduisent au progrès et ouvrent « un portail vers l'inconnu ». Il ne s'agit pas « d'apprendre de nos erreurs, mais d'apprendre à commettre des erreurs » ! Et de citer Samuel Beckett : « Jamais essayé. Jamais échoué. Essayer encore. Échouer encore. Échouer mieux. » On devine l'enjeu du questionnement : rien de moins que celui de « l'avenir de l'échec ».

Le lecteur l'aura compris, ce numéro de *Spirale* ne relève ni de la science-fiction, ni de la prophétie. Fidèles au sous-titre de la revue, c'est sous le double éclairage de l'humanisme et de la prospective que nous nous situons. Et de la lecture des articles, il ressort clairement que, loin d'être enfermés dans une prison ou dans un cul-de-sac, un cheminement est possible qui impose de ne pas s'abandonner au « scepticisme qui se croit volontiers supérieur, mais qui est tout aussi naïf que les dogmatismes auxquels il succède », et qui nous conduit « vers le bon usage des instruments de l'autonomie »². Puisse la lecture de ce dixième *opus* contribuer au balisage d'un tel cheminement !

.....
2 Ibid., pp. 640 et 641.



**“ L’humanité est à un
croisement : un chemin
mène au désespoir, l’autre
à l’extinction totale.
Espérons que nous aurons
la sagesse de savoir choisir ”**

Woody Allen

L'AVENIR DU FUTUR N'EST PAS GARANTI

Par Jean-Michel Besnier



Le titre de cet article n'est pas une boutade un peu facile. Il est pour ainsi dire homologué depuis la publication d'un petit libelle publié en 2001 par un Américain, informaticien créateur du langage Java et qui présida une commission sur l'avenir de la recherche sur les technologies d'information. Son article fit grand bruit, à cause de son titre : « Pourquoi l'avenir n'a pas besoin de nous ». L'auteur, Bill Joy, y exposait les étapes qui l'ont conduit à penser que nous perdons les commandes et que le futur ne sera bientôt plus notre affaire.

Parmi les événements qui l'ont alarmé, on retiendra ceci :

- ▶ la prophétie de Ray Kurzweil, nommée par lui « la Singularité » : une Intelligence artificielle « forte », consciente d'elle-même, va prendre le pouvoir sur notre intelligence biologique (en 2030 ou 2045) ;
- ▶ la mise en garde de Hans Moravec concernant la montée en puissance des robots ;
- ▶ la démonstration par Éric Drexler du danger représenté par les nanorobots bientôt capables de s'autoproduire (et de saturer l'atmosphère sous la « gray goo »). Au final, Joy confesse un certain découragement devant la résolution de certains nantis à quitter bientôt la planète... Pour parachever

ces raisons de démissionner et les étayer, Bill Joy rappelle l'épisode traumatisant que furent les attentats par envoi de colis piégés commis par le mathématicien et écologiste Theodor Kaczynski dit « Unabomber », attentats qui visaient à dénoncer l'irresponsabilité des scientifiques dans l'évolution du monde (3 morts et 23 blessés, en 18 ans). Bill Joy cite longuement et commente le Manifeste publié par Kaczynski, sous le titre *L'avenir de la société industrielle*¹.

Les préventions et l'ironie à l'égard du futur ne sont pas nouvelles : elles datent au moins de la contre-culture américaine des années 1960 qui pointèrent le spectre de la bombe atomique et encouragèrent la fuite dans la culture psychédélique et le LSD. Elles conduisirent vingt ans plus tard à la célébration du *carpe diem* comme esthétique d'un certain désespoir, et elles culminèrent sans doute avec le *No Future* des punks (issu de la chanson des Sex Pistols : « God save the Queen », qui appelait à la révolte contre l'État et la société, ainsi qu'à s'abandonner à vivre exclusivement au présent). Moins radical parce qu'il conservait une vision d'avenir et un optimisme révolutionnaire, l'appel à l'an 01 des années 1968 (l'utopie écologiste d'un abandon de l'économie de marché et du productivisme, avec l'encouragement à faire un pas de côté et non plus un pas en avant) avait impressionné la génération fraîche sortie des « Trente glorieuses ». L'écologie a conservé sa défense d'un futur à sauvegarder, mais n'a pas dissuadé ni le scepticisme ni l'esthétique des zéloteurs d'un monde en pièces. Totalement désabusé, Groucho Marx résumait cette désaffection montante pour l'avenir en demandant : « pourquoi ferais-je quelque chose pour les générations à venir ? Elles n'ont rien fait pour moi ! ».

Ce qu'on appellera la post-modernité construira la théorie de ce *pathos* nihiliste : fin de l'illusion d'un avenir radieux, repli sur le présent, rejet de l'esprit de sacrifice... La génération OTAKU, au Japon, est actuellement la manifestation la plus outrée de la désaffection

1 Publié aux éditions Pauvert en 1996, avec une préface d'Annie Lebrun.

pour l'avenir et la description de son tableau clinique est parfois appliquée aussi à une frange de la jeunesse chinoise : atomisation des comportements, rejet du travail, conviction de la fin de l'histoire et avènement d'un « snobisme machinal » (J. Baudrillard), fascination pour les technologies proposant l'immersion dans le virtuel...

Le thème de la fin de l'histoire, issu de Hegel et repris par Kojève puis par Fukuyama, a contribué à banaliser la conviction que le

“ Le thème de la fin de l'histoire, issu de Hegel et repris par Kojève puis par Fukuyama, a contribué à banaliser la conviction que le progrès linéaire cultivé par la modernité était révolu. ”

progrès linéaire cultivé par la modernité était révolu. Il a aussi servi à promouvoir l'idée que la consommation ne pouvait manquer de devenir une fin en soi et que, comme l'avait prédit Kojève, le jeu, l'amour et le snobisme seraient désormais les seules occupations des humains. Bref, la philosophie post-hégélienne dressait le constat de la mort des grands récits, selon l'expression de Jean-François Lyotard, et consacrait l'avènement du fragmentaire, comme l'illustre la culture *otaku*. Dans la décrédibilisation des idéaux d'avenir, une certaine culture de la complexité pourrait également avoir eu sa part. Les sciences

de la seconde moitié du 20^e siècle nous ont appris à prendre des distances avec une vision analytique (cartésienne) du monde, et à lui substituer une conception holistique, attentive aux systèmes dynamiques dans lesquels la sensibilité aux conditions initiales conditionnerait l'évolution des trajectoires.

Les sciences du chaos ont ainsi invalidé le déterminisme laplacien, au profit d'une représentation statistique de la réalité, et avec elles, la prédictibilité qui pouvait motiver la prospective se trouvait disqualifiée. Par exemple, les structures dissipatives étudiées par le prix Nobel de chimie Ilya Prigogine et objectées au déterminisme défendu par le mathématicien René Thom ont sans nul doute contribué à secréter un imaginaire propice à la désertion du futur

comme valeur mobilisatrice. Le temps retrouvé avec Prigogine, comme création proche de l'élan vital de Bergson, a rendu l'avenir indécidable et a contribué, *volens nolens*, à l'accueil du « présentisme » dont le sociologue François Hartog s'est fait le théoricien. Le présentisme, c'est-à-dire le règne des événements qu'on renonce à expliquer ou prévoir, qu'on se dit incapable d'inscrire dans un continuum historique. Parmi les exemples de cette désaffection pour le futur, contemporaine de la prise de conscience de la complexité de l'histoire et de la nature, on cite souvent l'événement que fut la chute du Mur de Berlin. Hartog en dit ceci : « On était en droit d'en attendre une formidable ouverture sur le futur. Et ce ne fut pas le cas. À l'Est, sans doute parce qu'ils étaient devenus très méfiants vis-à-vis de tous ces futurs qu'on leur avait promis. Mais l'Ouest, outre le fait que cela a surpris tout le monde, était déjà sorti aussi, à sa façon, de toute perspective futuriste. Il était déjà dans le présentisme. » Dès ses premières manifestations, ce présentisme, continue François Hartog, s'est révélé compatible avec un enthousiasme révolutionnaire dont on avait pu croire qu'il était prospectif : « À cet égard, Mai 68 est peut-être un tournant plus fort du passage du futurisme au présentisme. Car il y avait encore la perspective révolutionnaire, mais avec cet élément contradictoire du " tout, tout de suite ". Et cela, c'était déjà du présentisme, certes pétillant, où tout paraît encore possible, mais qui rompt avec les régimes d'historicité précédents »².

Tout autant que celle du progrès, l'idée du futur se démontre usée et décourageante. L'esprit de prospective qui la nourrissait a disparu, au profit peut-être d'un appétit d'innovations difficile à dissocier d'une volonté de seulement consommer au présent. Fondateur du *Centre universitaire international et des centres de prospectives*, puis de l'*Institut National des sciences appliquées* (INSA), le philosophe Gaston Berger n'a pas fait durablement école et rares sont ceux qui aujourd'hui entendent réactiver sa pensée pour lutter contre la désaffection pour les projets. Jean-François Simonin est de

2 *Présentisme et émancipation*, Entretien avec François Hartog, réalisé par Sophie Wahnich et Pierre Zaoui, *Vacarme* 210/4 n°53

ceux-là : auteur de *Anticiper à l'ère de l'anthropocène. Apprendre à défataliser l'avenir au 21^e siècle* (édition l'Harmattan 2016), il a créé un « Institut du temps long » pour engager à penser et poursuivre les enjeux de long terme. Son entreprise s'inscrit dans la veine de celle de Hugues de Jouvenel, directeur de la revue *Futuribles, l'anticipation au service de l'action*.

Elle peine cependant à trouver des échos qui pourraient signifier le regain prochain de militants en faveur d'une histoire retrouvée. Depuis le monde des entreprises, l'intérêt pour « les futurs possibles » n'est pas revenu dans l'actualité. On a fait disparaître des

stratégies politiques la planification qui fit l'objet jadis de la mission des gouvernements, surtout dans le contexte de la « Reconstruction » d'après-guerre. La réintroduction d'un Haut-commissariat au Plan, confié en 2020 à François Bayrou, n'a pas changé grand-chose à la désaffection pour la prospective. Force est de constater que le futur se réfugie de nos jours dans les récits de science-fiction où il est le plus souvent convoqué pour alimenter des dystopies, pour étayer la vision d'une catastrophe venant mettre un terme à l'histoire et à l'espoir.

“ Le futur se réfugie de nos jours dans les récits de science-fiction où il est le plus souvent convoqué, pour étayer la vision d'une catastrophe venant mettre un terme à l'histoire et à l'espoir. ”

Comment le futur en est-il venu à connoter avant tout « la rupture, la *fin de* –, le largage, les récits de dernier épisode » ? C'est la question que posaient Roger-Pol Droit et Monique Atlan, à la fin de leur enquête intitulée *Humain. Une enquête philosophique sur ces révolutions qui changent nos vies* (Flammarion 2012) : « Partout, semble-t-il, on aspire au mot « fin », ou plus encore à un au-delà indéfini. On prétend ainsi en finir bientôt peut-être avec la souffrance, la vieillesse, la mort, mais aussi avec la différence sexuelle, avec la procréation. On proclame la possibilité prochaine d'en finir avec le hasard génétique, les contraintes de la biologie, voire avec les cadres de l'espace et du temps. On espère,

dès que possible, parvenir à dire adieu à la part d'ombre, au psychisme, à l'intériorité. On projette même de larguer dans quelque temps la réalité – ses limites, ses contraintes, sa monotonie – pour le virtuel et la liberté sans bornes de l'imaginaire » (p.523).

La volonté d'« en finir », même dans la jubilation et l'impatience, ne tient assurément pas lieu de l'esprit de prospective qui avait engagé le polytechnicien Jean Coutrot à créer, en 1936, le *Centre d'études des problèmes humains* (CEPH) et à jeter les bases d'un « transhumanisme » conçu comme « le plus court chemin vers la joie, la paix, l'abondance ». Signe des temps, le transhumanisme, dont Coutrot invente le nom et l'idéal, a viré au sombre, aujourd'hui, en développant l'ambition de mettre les sciences et les technologies au service d'une évacuation de l'humain et de ses fragilités. Victoire, donc, du « en-finir » sur l'aspiration à mobiliser les ressources de « tous les humanismes » en vue de « l'évolution ascendante de l'espèce »³.

Il n'empêche que le temps présent fourmille d'annonces hyperboliques qui nous dépeignent un monde inédit encore à venir, et quelquefois désirable. Ne s'agit-il pas, avec elles, d'ouvrir un futur, d'inventer des futuribles en tant que perspectives multiples s'offrant à nos décisions aujourd'hui même : choix technologiques, aménagement des territoires, options sociétales... ? La question mérite d'être examinée.

Le Rapport NBICs⁴, en 2003, avait déjà dessiné la trajectoire vers laquelle la convergence des technologies allait conduire l'humanité. L'horizon prédit annonçait que la dématérialisation serait la clé de toute prospérité et c'est largement sur cette base que le transhuma-

3 Cf. Olivier Dard, *Jean Coutrot, de l'ingénieur au prophète*, Presses universitaires franc-comtoises 1999, pp.379 et sq.

4 NBIC : Nanotechnologie, Biotechnologie, Informatique, Sciences cognitives (et Neuroscience) : l'acronyme signale désormais le cocktail grâce auquel toute volonté d'entreprendre devrait trouver son moteur. Le Rapport remis au gouvernement américain au début du second millénaire représente le cahier des charges des programmes de recherches adoptés par tous les pays développés.

nisme s'est livré à ses extrapolations et prophéties : l'humain allait de plus en plus réclamer la cyborgisation, c'est-à-dire l'hybridation avec des technologies dites d'augmentation, et il irait jusqu'à opter en faveur du téléchargement de son cerveau sur des matériaux inaltérables. Quel futur serait-il donc pensable pour un cerveau « uploadé », dont chaque neurone serait dupliqué par un élément électronique enregistrant son comportement *input* et *output* ?

La question philosophique de savoir ce qu'il adviendrait déjà de la conscience se pose assurément pour les zélés du *Mind Uploading* mais elle ne retient guère longtemps les transhumanistes qui

invoquent parfois un argument prétendument néo-darwinien : la conscience fut à l'origine un avantage sélectif ayant permis à l'espèce humaine de surmonter l'épreuve de la sélection naturelle, mais elle cesse d'être requise dans un contexte où prévalent les machines. En d'autres termes, la conscience et la vie intérieure en général deviennent obsolètes quand les pressions sélectives auxquelles il faut résister pour survivre sont technologiques et non plus naturelles. Le rêve moderniste de se donner la maîtrise de l'évolution naturelle, grâce aux sciences et aux techniques, est en passe de se réaliser et il achève l'histoire et la

conscience humaines qui racontaient l'effort pour y parvenir. C'est ce résultat que traduit l'appréhension de l'extinction de l'espèce humaine annoncée par ceux qui redoutent ou se réjouissent de l'hégémonie prochaine de l'Intelligence artificielle.

L'idée du futur, qui a pu galvaniser le volontarisme, souffre évidemment du fatalisme qui accompagne les annonces hyperboliques brandies par les transhumanistes. Que faire si tout est joué d'avance, si les avancées technologiques, qui s'auto-alimentent et nous déposent de notre liberté, nous enjoignent de les adopter, sous peine

“ Un futur auquel nous n'avons plus part et qui n'est plus objet de décision, est un destin, une fatalité, une nécessité. ”

d'être marginalisés ou même de disparaître ? Que faire si nous avons déjà perdu les commandes, selon une expression qu'employait la CNIL pour intituler l'un de ses récents rapports sur l'impact des technologies ? Au fond, nous cessons de nous intéresser au futur parce que nous réalisons que ce futur ne nous concerne plus, qu'il n'a donc plus besoin de nous, comme l'annonçait Bill Joy. Un futur auquel nous n'avons plus part et qui n'est plus objet de décision, est un destin, une fatalité, une nécessité. Et l'on peut lui tourner le dos ou lui opposer la réponse des héros tragiques aux manipulations opérées par les dieux : au-delà du désespoir, un défi sans horizon ou une élégante insolence.

Mais la réponse à cette situation peut aussi être pragmatique, comme en témoigne justement l'affairement des entrepreneurs qui ne s'effraient pas d'évoluer dans le court-terme. Chez eux, pas de spéculation ni d'état d'âme : le futur, c'est le retour sur investissement d'activités correctement finalisées. Ce futur-là est l'objet de calculs et il invite à exercer la vertu du *kairos*, c'est-à-dire la faculté de s'emparer du moment opportun pour agir au mieux. Quand on ne prétend plus être visionnaires, il reste la possibilité d'être stratégiques – et c'est là où s'évalue le réalisme des acteurs économiques comme celui des politiques.

Comment envisage-t-on le futur chez les capitaines d'industrie d'aujourd'hui ? Dans son dernier livre, *The Singularity is nearer. When We Merge with AI* (éd. Viking 2023), l'ingénieur en chef de Google, Ray Kurzweil, reste convaincu que le salut est en vue : en 2045, la Singularité aura triomphé et la fusion avec les machines sera engagée inexorablement : « On ne peut dire avec certitude à quoi ressemblera la vie après la Singularité. Mais en comprenant et anticipant les transitions qui nous ont conduits jusque-là, nous pouvons être sûrs que l'approche finale de l'humanité aura été salutaire et réussie » (p.11). La technologie aura porté ses fruits qui permettront une stabilité et une sécurité forcément désirables : la pauvreté aura été supprimée, la violence également, grâce à la « révolution numérique ». Partout on bénéficiera d'une réduction des coûts de production, l'agriculture n'aura plus besoin de recourir

à l'élevage industriel, on aura trouvé le moyen de se passer des énergies fossiles, l'électricité solaire se sera imposée, l'eau potable sera devenue accessible pour tous, des organes artificiels seront obtenus grâce au recours à l'imprimante 3D, de même qu'on pourra, par ce moyen, construire des maisons modulaires, enfin les cellules IPS (cellules pluripotentes induites) permettront la régénérescence biologique... L'inventaire est forcément incomplet et n'est donné ici que pour convaincre qu'un sens du futur demeure chez les technophètes, quand ils n'affichent pas leurs raisons de vouloir en finir tout simplement avec l'humain.

Mais le pragmatisme est aussi la philosophie spontanée des entrepreneurs qui œuvrent non seulement pour satisfaire des actionnaires, mais aussi pour offrir à nos contemporains le moyen de disposer des instruments qui leur permettront d'être à la hauteur des performances de l'Intelligence artificielle. Ainsi, le CIGREF (*Association des grandes entreprises et administrations publiques françaises*) se donne pour objectif de produire « un numérique durable, responsable et de confiance ». Il s'est livré à un exercice de prospective dans son *Rapport d'orientation stratégique* de 2023, publié sous le titre « Ruptures à l'horizon 2030-2040 ». La vision du futur qui s'en dégage mérite l'attention car elle fait état des espoirs et des craintes qu'éveillent les technologies dans le court-terme, avec un souci évident d'objectivité et sans inviter à quelque militance que ce soit. Cette vision du futur ne donne pas prétexte à un Manifeste pour l'action, mais détaille sobrement l'état des lieux dans lequel il faudra nécessairement s'orienter. Loin de l'emphase de la Singularité prêchée par Kurzweil, l'événement avec lequel les humains des pays développés devront composer n'est pas bouleversant et il reste abstrait pour la plupart d'entre nous qui auraient tort toutefois de s'en trouver intimidés : l'informatique quantique va se développer à grande échelle. Elle contribuera à résoudre de nombreux problèmes dont ceux liés à la crise climatique, en permettant de modéliser des systèmes toujours plus complexes. Grâce à elle, on comprendra mieux les processus climatiques et on pourra mieux prédire les phénomènes météorologiques.

L'informatique quantique rayonnera sur bien d'autres domaines, comme la cryptographie et la cybersécurité. Elle prend la relève, au palmarès des innovations, de la loi de Moore qui prédisait un doublement des capacités de calcul des ordinateurs tous les ans... jusqu'à la limite physique de l'atome. Ainsi le futur de l'humanité se révèle-t-il déjà tout entier inféodé à la puissance et à la vitesse de calcul des machines à venir. Le Rapport du CIGREF prêche évidemment pour sa paroisse numérique, en ajoutant au paysage la virtualisation des réseaux qui bénéficieront de la 6 G et par là, d'un progrès dans l'automatisation, facteur d'une réduction des coûts et d'une augmentation des performances pour les entreprises.

Cependant, l'avenir radieux lié au quantique ne permet pas d'écarter de gros nuages, que ce *Rapport d'orientation stratégique* ne songe pas à dissimuler ni à minimiser : une tempête solaire pourrait en effet

survenir entre 2030 et 2040 qui provoquerait à l'échelle de la planète une rupture d'approvisionnement électrique, ainsi que la détérioration de composants numériques essentiels. Jean-Claude Laroche, le signataire du *Rapport*, rappelle les épisodes d'orages magnétiques documentés depuis 1859 pour conclure à la forte probabilité que la planète en endure de nouveaux, d'une ampleur inédite. Le président du CIGREF



“ L'avenir radieux lié au quantique ne permet pas d'écarter de gros nuages, que ce Rapport d'orientation stratégique ne songe pas à dissimuler ni à minimiser. ”

n'hésite pas à ajouter, à l'inquiétude liée à une catastrophe qui serait d'origine naturelle, celle qu'alimentent par ailleurs les 42 000 satellites qu'Elon Musk se propose de lancer dans l'espace d'ici 2030 et qui pourraient provoquer des perturbations gravissimes.

On voit que l'approche pragmatique, supposée raisonnable, émanant du milieu des entreprises, ne prémunit pas contre une repré-

sentation du futur marquée par la catastrophe. Le futur ne peut visiblement éviter de se mettre sous le signe de la rupture.

Les considérations géopolitiques qui concluent le rapport du CIGREF constituent un élément de dramatisation supplémentaire : la dépendance à l'égard de la Chine qui fournit 98% des approvisionnements en terres rares – ces métaux présents sous forme d'alliages dans la croûte terrestre et qui sont indispensables à la fabrication de composants électroniques ; la dégradation possible des relations de l'Union européenne avec les États-Unis qui sont tentés de ré-orienter leurs investissements dans un sens défavorable à l'Europe ; l'effondrement pressenti des GAFAM qui ne servirait pas forcément les intérêts des États membres... La vulnérabilité stratégique de notre pays aggrave visiblement les risques que le futur échappe à la volonté d'avenir caractérisant en général l'esprit d'entreprise...

Serions-nous donc condamnés au « *carpe diem, quam minimum credula postero*⁵ », l'invitation du poète Horace à négliger le futur, au motif qu'il ne dépend pas de nous ? On a déjà rencontré ici cette invitation devenue un slogan pour une génération, celle de la fin du 20^e siècle, qui essuya le verdict de toutes les crises diagnostiquées par leurs aînés. Elle ne risque pas de perdre son sens, à l'heure où l'on suggère que les innovations technologiques ne dépendent plus de nous, mais qu'il faut les favoriser sous peine de connaître, dans l'avenir, la condition des chimpanzés ! De promesse qu'il fut, le futur est devenu une menace et nous ne disposons pas de l'imaginaire culturel qui nous permettrait de le métaboliser, par exemple grâce à la représentation circulaire du temps à laquelle s'attachent les Indiens Tupi-Guarani étudiés par l'ethnologue Pierre Clastres.

À la « Reconstruction » des années 1950 a succédé l'époque dite de la « Déconstruction » : comment le futur ne ferait-il pas les frais de ce passage ? S'il convient de se méfier des mots-valises pour

.....
5 « Cueille le jour, et [sois] le moins crédule [possible] pour le [jour] suivant. »

baptiser le déconcertement contemporain, on peut au moins retenir celui de « désymbolisation » pour désigner la prise de pouvoir d'une obsession pour le calcul et pour le rejet des polarités qui organisaient l'espace mental et social. Le futur ne saurait survivre à la disqualification d'un monde qui avait pu chercher ses modèles idéaux d'accomplissement dans l'esprit utopique, celui de Francis Bacon, par exemple, auteur de *La Nouvelle Atlantide* (1627), ce récit d'une mise en harmonie des sciences et des techniques avec la morale et la politique – récit qu'il faut lire au conditionnel, comme l'exige l'utopie, mais proposé en exemple au futur, comme le veut la morale.

Georges Steiner expliquait que « le statut du futur du verbe est au cœur de l'existence. Il modèle l'image qu'on se fait du sens de la vie et de la relation personnelle à cette signification »⁶. Et il cédait au lyrisme pour « se réjouir avec véhémence, du simple fait qu'il existe des formes futures du verbe, que les humains ont mis au point des règles de grammaire qui permettent de parler, de façon cohérente, de demain, de la dernière minute du siècle, de la situation et de la luminosité de Véga dans un demi-milliard d'années »⁷. Supprimez l'usage du futur ou rendez-le superflu en imposant l'existence d'un présent total, et vous instaurez une situation proprement totalitaire, « au sein d'un parler qui restreindrait l'élan des phrases à lundi prochain ». Steiner conclut : « le futur est une condition *sine qua non* de l'être moral »⁸. Il aurait pu exploiter, pour argumenter encore davantage sa plaidoirie en faveur du futur, le personnage du roman d'Ivan Gontcharov, « Oblomov » (1859), cet amoureux de son divan qui emblématise l'apathie cynique de celui qu'a déserté le désir de futur. Ou bien commenter la banalisation croissante du symptôme de procrastination, perçue souvent non pas comme une faute morale, mais avec la sympathie dont Phi-

“ On se préoccupera
de plus en plus
du corps et du cerveau,
et beaucoup moins
des biens matériels. ”

⁶ Georges Steiner, *Après Babel. Une poétique du dire et de la traduction*, Albin Michel

1979, p. 137

⁷ Ibid., p. 138

⁸ Ibid., p. 138

lippe Noiret, héros du film d'Yves Robert : *Alexandre le bienheureux* (1968), sut la doter. La contrainte de la tâche à accomplir n'est-elle pas toujours indésirable si elle doit empoisonner la vie et ajourner le moment d'exister ?

Qui le futur intéresse-t-il encore ? Il faut disposer d'un certain potentiel de moralité pour agir en vue de ce qui sera un jour et qu'on ne verra pas, une certaine abnégation capable de détourner des jouissances de l'immédiat. En 1998, l'*Association transhumaniste mondiale* (WTA/Humanity+) publiait une première Déclaration dont l'article inaugural résume l'essentiel de son engagement pour le futur : « L'avenir de l'humanité va être radicalement transformé par la technologie. Nous prévoyons qu'il devienne possible de refaçonner la condition humaine, en ce compris certains paramètres tels que l'inéluctabilité du vieillissement, les limites de l'intelligence humaine et artificielle, le caractère, la souffrance et notre confinement à la planète Terre »⁹. Ainsi le futur se réfugierait-il auprès des transhumanistes et avec lui, sans doute, le sens moral qui en est indissociable... Les promesses formulées pour engager à ajourner le présent pour laisser émerger un avenir radieux n'ont pas toujours tenu aux espoirs engendrés par les technosciences.

En 1964, la Revue *Planète* que dirigeait Louis Pauwels accueillait la contribution du généticien J.B.S. Haldane. Celui-ci se proposait de répondre à la question : « Quels hommes serons-nous demain ? »¹⁰. Sa réponse est optimiste : la régulation des naissances évitera la surpopulation, les progrès de la médecine viendront à bout de bien des maladies et les conditions d'une santé mentale seront obtenues par des sociétés qui offriront aux hommes un travail productif et gratifiant, en leur évitant d'être réduits à la condition de consommateurs passifs. La maîtrise de notre physiologie, informée par la connaissance objective, nous offrira des facultés nouvelles, et Haldane s'aventure sur ce point à invoquer le modèle du yogi pour

9 Cité notamment par Franck Damour et David Doat dans *Transhumanisme : quel avenir pour l'humanité ?*, éd. Le Cavalier Bleu p.193.

10 Revue *Planète*, n°14, janvier-février 1964

illustrer « l'augmentation » cognitive que nous pourrions espérer. Une perspective eugéniste est ouverte du côté de la génomique : la production d'un être artificiel n'est pas impensable ou, en tout cas, celle de « cellules de personne de valeur reconnue » qui pourraient s'offrir à la manipulation. Enfin, on se préoccupera de plus en plus du corps et du cerveau, et beaucoup moins des biens matériels, car « la pauvreté ne sera plus qu'un désagréable souvenir ». Force est de croire finalement que l'avenir est au bonheur d'une vie intérieure. Les prévisions énoncées par Haldane sont résolument positives. Elles préservent l'ancrage de l'humain dans la réalité. Trente ans après, pourtant, les transhumanistes déclarent que la condition humaine a besoin d'être « refaçonnée » et ils envisagent l'émigration dans l'espace comme la voie de son salut. Vingt-cinq ans plus tard, c'est l'immersion dans le virtuel qui figure la solution finale de l'humanité.

En 2023, Ray Kurzweil endosse la prophétie en ces termes : « À l'heure actuelle, la plupart des médias se limitent à faire appel à deux sens : la vue et l'ouïe. Les systèmes de réalité virtuelle actuels qui intègrent des odeurs ou des sensations tactiles sont encore maladroits et peu pratiques », mais le progrès des interfaces cerveau-machine y remédiera sous peu, de sorte que « à terme, il permettra une réalité virtuelle en immersion totale qui alimentera les données sensorielles simulées directement dans notre cerveau ».

Le bénéfice de ce progrès semble à Kurzweil indiscutable, notamment parce qu'il nous débarrassera du risque de penser et d'entretenir une vie intérieure. Un exemple anodin mais significatif de ce consentement à la désymbolisation qui vaut selon lui promesse de futur : « Lorsque nous pourrions découvrir en toute sécurité tout le défi et la beauté naturelle de l'ascension virtuelle du mont Everest, on pourra se demander si cela vaut la peine de l'entreprendre réellement ou si le danger faisait partie de l'attraction depuis le début »¹¹.

11 R. Kurzweil, « The Singularity is nearest », op.cit.

Assurément, même avec l'immersion totale dans le métavers, l'avenir du futur n'est pas garanti...

L'HOMME DU FUTUR, LES VILLES ET LES LIBERTÉS

Par Jean Haëntjens



À plusieurs reprises, dans notre histoire européenne, l'apparition de nouveaux modèles urbains a profondément modifié les rapports de l'Homme à son environnement : villes médiévales enserrées dans leurs remparts, villes royales et impériales aérées par de larges avenues, capitales flamboyantes et créatives, banlieues industrielles ou résidentielles, territoires péri-urbains dominés par l'automobile...

Chacun de ces modèles a fait émerger des usages, des comportements et des codes sociaux différents. Ces usages et ces codes ont ensuite façonné des modèles sociétaux – ou sociotypes – spatialisés, comme les « bobos-urbains », les « banlieusards pavillonnaires », les « navetteurs périphériques », les « néo-ruraux », etc. Et, avec le temps, certains de ces sociotypes – comme *l'homo automobilis* – ont pris la dimension de mutants anthropologiques.

La composante urbanistique n'a certes pas été le seul facteur qui a compté dans la production de ces « modèles humains », mais elle a indéniablement joué un rôle. Le géographe et sociologue Jérôme Fourquet a ainsi montré qu'à niveau socio-culturel équivalent, les bourgeoisies urbaines et les bourgeoisies « péri-urbaines » se différenciaient sur de nombreux points : références culturelles, modes de consommations, pratiques de loisirs et de sociabilité et... orientations politiques¹.

De nombreux signaux, dont l'impératif écologique, laissent penser que les prochaines décennies verront émerger de nouveaux modèles urbains. D'où les questions posées dans cet article : Quels pourraient être ces modèles ? Feront-ils émerger de nouveaux stéréotypes ? Et ceux-ci prendront-ils, à leur tour, la dimension de mutations anthropologiques ?

L'invention de nouveaux modèles urbains : une logique multifactorielle

Pour appréhender ces questions, il faut d'abord rappeler que l'émergence de nouveaux modèles urbains a presque toujours été provoquée par la conjonction de plusieurs facteurs, dont notamment :

- ▶ des dynamiques démographiques : croissance naturelle, exode rural, migrations, etc. ;
- ▶ des contextes écologiques et sanitaires (climat, épidémies, pollutions) ;
- ▶ des contextes géopolitiques, imposant ou rendant obsolètes des contraintes particulières, comme les fortifications ;
- ▶ des contextes politiques, avec l'implication plus ou moins forte des pouvoirs politiques ou économiques dans l'aménagement des territoires et des villes ;

1 Jérôme Fourquet, *La France d'après, tableau politique*, Seuil, 2023.

- ▶ des innovations techniques majeures : réseaux hydrauliques, chemins de fer, propulsion à vapeur, ascenseurs, charpentes métalliques, automobiles, numérique, etc. ;
- ▶ des modèles économiques – commerce, industrie, tertiaire, etc. – qui ont imposé des fonctionnalités logistiques, relationnelles, ou sociales particulières.

Ainsi, le Paris d’Haussmann, modèle urbain qui a eu une grande influence sur les villes européennes de la seconde moitié du XIXe siècle, est né de la conjonction de plusieurs de ces facteurs : le doublement de la population de Paris entre 1800 et 1850, les épidémies récurrentes de choléra, le traumatisme des révolutions urbaines de 1830 et 1848, la volonté politique de Napoléon III, l’apparition du chemin de fer et des charpentes métalliques, le développement d’une économie tertiaire et d’une bourgeoisie urbaine.

Les dynamiques de changement ont néanmoins toujours dû composer avec l’inertie des systèmes urbains déjà installés. À Paris toujours, l’actuel Forum des Halles, point de croisement des lignes RER, se situe à quelques centaines de mètres seulement du point de croisement des voies romaines de l’antique Lutèce. Et le gabarit des premiers immeubles haussmanniens (15 à 20 mètres de hauteur) s’est inscrit dans une relative continuité avec celui du bâti existant. À peu près à la même époque (en 1882), sortait de terre à Chicago le premier gratte-ciel (45 mètres), dans une ville qui n’avait pas, loin de là, l’« inertie historique » de Paris.

Les facteurs déterminants pour les prochaines décennies

Pour appréhender les évolutions possibles des modèles urbains (puis des « modèles humains » qu’ils façonnent), il faut donc identifier les facteurs qui risquent de peser. Et ceux-ci apparaissent aujourd’hui sensiblement différents selon les contextes géographiques et les continents.

Dans les pays développés, et plus particulièrement en Europe, les considérations écologiques et environnementales joueront certainement un rôle important au cours des prochaines décennies :

- ▶ Les phénomènes climatiques extrêmes donneront une prime aux villes de taille intermédiaire. Les mégapoles denses et minérales, comme Paris, auront en effet du mal à gérer les périodes de canicules (écart de + 5 à + 7°C avec les campagnes voisines).
- ▶ En Europe, la volonté politique de limiter l'étalement urbain (principe du Zéro Artificialisation Nette adopté dans plusieurs pays européens, dont la France en 2021), donnera un avantage aux villes petites et moyennes qui disposent encore de fortes disponibilités foncières.
- ▶ Le poids croissant de l'« économie résidentielle » dans la valeur ajoutée donnera une prime économique aux villes

de résidence par rapport aux villes ayant une forte tradition industrielle. En fait, ce phénomène est déjà engagé depuis les années 1990².

▶ Cet « exode métropolitain » sera favorisé par la possibilité, offerte par le numérique, d'une plus grande distanciation entre les lieux de résidence et les lieux de production. Le télé-travail deux jours par semaine, qui tend à devenir une norme

dans le secteur tertiaire, rend déjà possibles des modèles résidentiels alternatifs (habiter une ville moyenne, travailler en présentiel dans une métropole).

- ▶ L'instabilité géopolitique poussera les villes et les pays à renforcer leur autonomie énergétique et alimentaire. La production localisée d'énergies renouvelables pourra

**“ L'instabilité géopolitique
poussera les villes
et les pays à renforcer leur
autonomie énergétique
et alimentaire. ”**

2 Laurent Davezies, *La république et ses territoires*, Seuil, 2008.

par ailleurs constituer une ressource importante pour les collectivités locales, comme c'est déjà le cas au Danemark. Or, les énergies renouvelables ont besoin de beaucoup d'espace, ce qui donnera, là encore, une prime aux villes moyennes qui en disposent. Leur parc immobilier de faible hauteur pourra plus facilement exploiter le rayonnement solaire reçu par les façades et les toitures.

- ▶ Les contraintes écologiques tendront, par ailleurs, à favoriser les technologies de transports économes en énergie et peu émissives de CO₂ : transports collectifs et micromobilités, plutôt que voitures individuelles.
- ▶ Les croissances démographiques seront faibles ou négatives et la population tendra à se stabiliser.

En Europe de l'Ouest, ces facteurs se conjugueront pour favoriser l'arrêt de l'étalement urbain, le redéploiement de l'urbanisation vers les villes de taille intermédiaires, et la densification des territoires périphériques. L'ampleur du mouvement dépendra toutefois de l'implication des pouvoirs publics, et notamment de la desserte ferroviaire des villes petites et moyennes. Dans le contexte d'une population stabilisée et déjà urbanisée à 80%, ce mouvement de rééquilibrage sera peu spectaculaire. Les villes européennes de 2050 risquent fort de ressembler beaucoup à celles de 2025. Elles seront simplement moins polluées, plus vertes, et plus accueillantes pour les piétons, les enfants, les personnes âgées et les micromobilités.

Vers une diversification des modèles urbains

Dans d'autres pays ou sur d'autres continents, les évolutions des cadres urbains pourront être beaucoup plus rapides et brutales. Parmi les facteurs déterminants : les épisodes climatiques extrêmes, un exode rural massif, une croissance démographique soutenue, la faiblesse (ou la force) des pouvoirs politique nationaux et locaux, etc. En Amérique du Nord, il sera difficile de remettre en cause le modèle, aujourd'hui dominant, de la ville automobile. Les réponses

aux défis écologiques seront plutôt recherchées par les innovations technologiques. On verra aussi se développer des migrations inter-régionales (par exemple, de la Silicon Valley, saturée, vers le Texas ou l'État de Washington). La voiture sans conducteur changera-t-elle la donne ? Rien n'est moins sûr. L'échec de Google à Toronto en 2020 a sérieusement écorné le fantasme d'une *smart city* qui résoudrait tous les problèmes urbains par la magie du numérique. Les taxis sans conducteurs Waymo (filiale de Google), expérimentés à San Francisco et Denver, n'ont pas encore convaincu.

Certains pays pétroliers aux régimes autoritaires, comme l'Arabie Saoudite, pourront encore s'offrir des projets urbains pharaoniques, comme celui de Neom,

une ville linéaire de 250 kilomètres de long, actuellement en construction. Ce modèle, dû principalement au désir d'un souverain, fera-t-il école ? Il est permis d'en douter.

“ Le modèle urbain nord-américain semblait devoir s'imposer à l'ensemble des villes de la planète, la tendance, pour les prochaines décennies, sera plutôt à la diversification des modèles.”

En Chine, le poids de l'État et l'exode rural encore à venir (10 millions d'habitants par an), favoriseront la poursuite d'un urbanisme de « grands blocs » privilégiant les immeubles collectifs et l'urbanisme vertical. La tendance affirmée par le 14^e plan quinquennal (2021-2025)

sera celle d'un redéploiement vers les villes moyennes (à l'échelle chinoise). L'ambition de faire émerger une « civilisation écologique » est inscrite depuis 2019 dans la constitution. Affirmée par un pays qui domine largement la production mondiale de capteurs solaires, de batteries et de véhicules électriques, elle doit être prise au sérieux. Elle se traduira par la production de modèles urbains « clés en main » qui accorderont une large place à la surveillance numérique de la population (caméras vidéo, reconnaissance faciale).

Ces modèles sont déjà proposés aux pays voisins d'Asie Centrale, dans le cadre du programme des Routes de la Soie.

Au Japon, la priorité sera de gérer la décroissance annoncée de la population. L'aménagement urbain se fera plus par destruction et « aération » du tissu urbain existant, que par extension.

Dans de nombreux pays du Sud, la population urbanisée doublera au cours des trente prochaines années. Pour une grande part, elle sera hébergée dans des bidonvilles ou de l'habitat informel, et viendra s'ajouter au milliard d'êtres humains qui vivent déjà dans ces conditions. L'une des questions prioritaires sera de rendre cet habitat informel vivable, en y apportant l'assainissement, l'eau, l'énergie, et un minimum de sécurité. Elle a déjà été prise en compte par des pays comme le Brésil ou l'Inde. La forme urbaine de ces villes auto-construites (maisons de 1 à 2 niveaux, ruelles étroites) a peu de chances de changer. Leur remplacement par des politiques volontaristes de construction d'habitat social apparaît également peu probable, pour des raisons à la fois financières et culturelles. Les tentatives menées en ce sens en Inde ou au Mexique ont échoué. Des cités d'habitat social flambant neuves sont même souvent restées vides.

Alors que, au cours des années 1960 et 1970, le modèle urbain nord-américain (quartier d'affaire vertical entouré de banlieues résidentielles horizontales) semblait devoir s'imposer à l'ensemble des villes de la planète, la tendance, pour les prochaines décennies, sera plutôt à la diversification des modèles.

L'espace réel contre l'espace virtuel - *homo urbanus vs. homo numericus*.

Dans un paysage urbain aussi diversifié, il existera cependant une ligne de « fracture anthropologique » commune à toutes les villes de la planète : elle opposera les espaces réels ou « terrestres » qui resteront sous le contrôle des citoyens et des autorités locales, et les espaces virtuels – plateformes numériques, les réseaux sociaux,

et bientôt le Métavers – qui sont désormais, dans les faits, sous le contrôle de quelques géants du numérique³.

Ces espaces virtuels modifient déjà de deux façons les espaces réels, en les remplaçant, ou en les colonisant : les écrans permettent d'agrandir artificiellement les domiciles devenus exigus ; les réseaux sociaux numériques remplacent les amis réels, la place publique, et ses terrasses animées ; l'abonnement à Netflix tue le cinéma de quartier, etc. La « colonisation » peut prendre, quant à elle, de multiples formes :

- ▶ déploiement dans l'espace public de caméras de vidéo-surveillance et de « panneaux d'information » numériques ;
- ▶ saturation des trottoirs par des trottinettes en *free floating* ou des tricycles de livraison *e-commerce* ;
- ▶ conversion des magasins de proximité, délaissés par les clients, en *darkstores*, c'est-à-dire en simples entrepôts logistiques destinés à *l'e-commerce*.

C'est alors tout un pan de la vie urbaine qui s'en va. À la colonisation technique peut s'ajouter une colonisation économique

ou politique. Plusieurs villes nord-américaines, confrontées à des difficultés financières, ont ainsi déjà concédé la gestion de leurs transports collectifs (remplacés par des taxis à la demande) à Uber. Et, en 2017, Amazon a racheté la chaîne de magasins bio haut de gamme *Whole Foods*, qui compte 460 points de vente aux États-Unis, au Canada et au Royaume-Uni.

“ Plus les espaces réels seront déqualifiés ou insécures, plus l'attractivité des espaces virtuels sera forte.”

Comme l'explique fort bien l'auteur de science-fiction Alain Damasio, la logique des plateformes numériques est de fabriquer

3 Jean Haëntjens, *Comment les géants du numérique veulent gouverner nos villes*, Rue de l'échiquier, 2017.

autour de chaque individu un « *cyber cocon* » qui tend à le couper progressivement de toute vie sociale et urbaine réelle, mais aussi à réduire ses contacts physiques avec une Nature considérée comme menaçante (insectes, épidémies, épisodes climatiques)⁴.

Dans cette lutte d'influence entre les espaces réels et les espaces virtuels, la qualité des espaces réels sera évidemment un facteur déterminant. Plus les espaces réels seront déqualifiés ou insécures, plus l'attractivité des espaces virtuels sera forte.

Perspectives

La seule certitude est que l'homme « du futur », celui de 2050, sera urbanisé à plus de 70% et cette qualité le distinguera radicalement du « rural » qu'il était encore majoritairement jusqu'en 2008, année où la population mondiale urbanisée a franchi la barre des 50%. Cet *homo urbanus* sera cependant loin de constituer un sociotype homogène, comme pouvaient le penser les architectes-urbanistes dits « modernes » des années 1950.

Après une longue phase de convergence, sous influence du modèle urbain nord-américain, la tendance actuelle est plutôt à une différenciation des modèles urbains. Et celle-ci se jouera sur plusieurs critères, dont l'impact sera très différent selon les latitudes et les continents :

- ▶ les situations climatiques ;
- ▶ les contraintes écologiques (espace disponible, ressources hydriques...) ;
- ▶ les traditions urbaines et culturelles ;
- ▶ les capacités financières des pays ;
- ▶ les dynamiques démographiques ;
- ▶ la maîtrise juridique, intellectuelle et technique des enjeux urbains par les pouvoirs politiques⁵.

4 Alain Damasio, *Vallée du silicium*, Seuil, 2024.

5 Au Mexique, la durée d'un mandat de maire est de six ans, non renouvelable. Une durée aussi limitée permet difficilement de mener une politique de renouvellement urbain dans la durée.

L'éventail des « futurs urbains » est donc très ouvert. Par ailleurs, aucun déterminisme technologique n'impose aujourd'hui qu'un modèle urbain particulier soit amené à supplanter les autres.

Les technologies numériques peuvent en effet s'appliquer à tous les modèles urbains et à tous les modes de mobilité : aux vélos en libre-service comme aux voitures sans conducteurs, à la production d'énergies renouvelables comme à celles d'énergies fossiles, à la climatisation des tours comme à celle des maisons individuelles.

Plusieurs modèles urbains cohabiteront donc, en fonction des contextes politiques, socio-politiques, géographiques, climatiques, économiques et culturels.

La dimension géopolitique et civilisationnelle

Il est même probable que les modèles urbains feront partie des « argumentaires » que feront valoir les principaux ensembles civilisationnels – États-Unis, Chine, Europe, Asie du Sud-Est, Moyen-Orient, Amérique Latine, Afrique subsaharienne, etc. – qui cherchent à exercer une influence géopolitique sur le monde (*soft power*) ou souhaitent simplement préserver leur identité culturelle.



“ Chaque ensemble géopolitique aura ses villes de référence. ”

Depuis toujours, les villes (*civis* en latin) ont été les vitrines des civilisations. L'architecture et les paysages urbains ont fait partie, avec la cuisine et les productions culturelles, des marqueurs majeurs qui affirmaient leurs différences et leur rayonnement.

Cette réalité a été un peu oubliée au siècle dernier, avec la mondialisation économique et la domination des modèles urbains occidentaux. Elle revient aujourd'hui en force. La Chine, l'Inde, et le monde arabo-musulman revendiquent la possibilité de proposer des modèles civilisationnels « non alignés » sur le modèle occidental.

Et cette revendication s'exprimera en partie dans l'affirmation de modèles urbains originaux ou spécifiques : villes chinoises fonctionnelles et verticales, villes du Sud-Est asiatique denses, horizontales et fluides, villes nord-américaines étalées à l'infini, villes européennes compactes et « historiques », villes du Sud largement informelles, villes des pays du Golfe engagées dans des compétitions architecturales pharaoniques (tour la plus haute, immeuble le plus long...).

Chaque ensemble géopolitique aura ses villes de référence. Dans ce contexte, l'Europe, qui fut longtemps qualifiée de « continent des villes », a des atouts et une responsabilité particulière à faire valoir : celle de proposer des « espaces réels » où l'être humain pourra vivre dans un environnement sain, choisir librement son mode d'habitat, tisser des relations humaines solides et chaleureuses, entreprendre, créer, se déplacer et élever ses enfants. Isolément, chacune de ces ambitions peut paraître triviale. Dans les faits, leur réalisation simultanée devient de plus en plus difficile.

« L'air de la ville rend libre », affirmait un proverbe allemand du XII^e siècle, souvent cité par les urbanistes contemporains. Aujourd'hui, une telle affirmation ne relève en rien de l'évidence. Les libertés urbaines devront, d'une part, être recadrées pour réduire l'empreinte écologique des villes, alors qu'elles sont aussi menacées par le développement très rapide des systèmes de surveillance et les manipulations numériques.

L'homme du futur sera-t-il plus libre ou moins libre que celui d'aujourd'hui ? La réponse dépend en partie de la façon dont seront agencés ces formidables espaces de libertés (ou de contrôle social) que peuvent être les villes.

LE FUTUR DE L'ÉCOLE FRANÇAISE

Par Alain Bouvier



À notre époque, la moindre question de société mérite d'être examinée au niveau mondial ; même l'Europe offre une vue trop limitée pour les réflexions, dont celles sur l'éducation font partie. Pourtant, dans ce texte, je me limiterai au système éducatif français, en ne faisant que des allusions à d'autres pays. Pour des comparaisons internationales, je renvoie les lecteurs à la RIES, la Revue internationale d'éducation de Sèvres¹, une remarquable revue comparatiste en langue française.

En France, alors que pendant longtemps beaucoup de nos concitoyens présentaient notre école comme étant remarquable et exemplaire (ce fut, peut-être, le cas, mais seulement pour une fraction de la population), ce texte présente mon rêve d'une autre école² que je qualifie *d'apprenante et humaniste*.

1 www.france-education-international.fr

2 Ce texte s'inspire de mon dernier livre Alain BOUVIER (2022) : L'école de mes rêves. Nouveaux propos d'un *mocking bird*, Essai, collection Aurora, Paris, l'Harmattan. *Yes Indeed, I have a dream !*

Pourquoi, pour notre pays, une telle idée me semble-t-elle nécessaire ? Pendant longtemps, j'ai eu beaucoup d'espoirs en *l'école de la République* (comme on la nomme souvent) et à laquelle je dois tant. Ses valeurs sont aussi les miennes : Égalité, Liberté, Fraternité, Laïcité, Équité, Justice, me semblent, plus que jamais, d'actualité. Malheureusement, aujourd'hui je suis affligé par mes déceptions à son sujet, chaque jour plus nombreuses, notamment sur ses résultats. Pour le futur, je ressens le besoin d'un nouveau projet éducatif et d'une nouvelle organisation du système que je présente ci-dessous, après un premier paragraphe qui regroupe des considérations bien connues mais très sombres sur le système éducatif français. Elles expliquent mon grand dépit et ma recherche d'une alternative à la situation présente bien enkystée. J'espère que mon rêve semblera aux lecteurs plus lumineux et plus attirant que les tristes constats que je commence par formuler dans les lignes qui suivent.

Rapides constats sur le système éducatif français

Certes, la liste des rapides constats présentés ici pourrait être plus longue ; je n'ai retenu que ceux qui me semblaient les plus douloureux à accepter quand on aime l'école comme c'est mon cas. Ils reflètent la situation présente et très largement celle des dernières décennies écoulées. Les lecteurs ne seront pas surpris, car tous les faits et remarques rapportés sont bien connus, vérifiables, étayés par des études (certaines internationales), des rapports et des recherches.

Selon les enquêtes internationales³ Pisa, Timss, Pirls... et les notes de la Direction de l'évaluation, de la prospective et la performance (DEPP), notre système a de *piètres résultats*. En outre, ils sont en décroissance depuis 30 ans au moins (c'est le début des grandes

.....
3 J'ai consacré deux chapitres à les présenter et les analyser, dans Alain Bouvier (2017) : Pour le management pédagogique : un socle indispensable Connaître – Éclairer – Évaluer – Agir, collection Les indispensables, Paris, Berger-Levrault.

enquêtes internationales), alors que nous sommes encore la septième puissance économique mondiale⁴ et que le budget de l'Éducation nationale est le premier budget de l'État⁵. Le système scolaire français génère de plus en plus d'inégalités. En matière d'équité, nous sommes au 25^e rang mondial ; c'est insupportable !

“ Aucune leçon n'a été tirée des différents types d'école hybride empiriquement mis en place pendant la crise sanitaire... et déjà oubliés. ”

L'Éducation nationale fonctionne en s'appuyant sur une lourde technostructure⁶, une *bureaucratie* wébérienne, injonctive, verticale, descendante et paralysante pour les acteurs de terrain. Ce n'est pas une conséquence de sa taille exceptionnelle : il pourrait en aller autrement, nous le verrons ; c'est une question de culture professionnelle. Le milieu professionnel

(enseignants, cadres, administratifs, personnels de santé...) est traversé par de nombreux *corporatismes* stériles, poussant les acteurs à l'immobilisme.

On l'a clairement vu pendant la crise sanitaire provoquée par la Covid-19⁷, le corps enseignant est profondément fractionné. Sans doute est-ce déjà ancien, mais la crise sanitaire l'a rendu particulièrement

4 Il y a trente ans, nous étions la cinquième...

5 En fait, la *Dépense intérieure d'éducation* (DIE) est près du double du montant du budget de l'État auquel il faut ajouter ce qui est payé par les collectivités territoriales, 25% du montant total (depuis la décentralisation), par les entreprises 7%, par les parents d'élèves 8%, etc.

6 Au sens d'Henry Mintzberg. Comme sur les réseaux sociaux circulent n'importe quoi au sujet des effectifs de l'Éducation nationale (près de 1,3 millions de personnes), il me semble bon de rappeler que sont en exercice 850 000 enseignants, 180 000 assistants d'éducation (AESH), 20 000 personnels de directions, 12 000 conseillers d'éducation, des inspecteurs, des conseillers d'orientation, des personnels de santé, etc. et que, contrairement à des idées malveillantes reçues, le nombre des administratifs est de seulement 77 000, alors qu'il existe un ministère, une trentaine de rectorats, cent Inspections académiques et ... 40 000 établissements scolaires !

7 Je l'ai détaillé et assorti de nombreux exemples dans mon ouvrage post Covid : Alain BOUVIER (2021) : *Sur l'école à la française. Propos d'un mocking bird*, collection Aurora, Paris, L'Harmattan.

rement visible avec d'une part 25% « d'innovateurs engagés » que l'on voyait présents sur les médias, les sites et les réseaux sociaux, d'autre part 25% de *statuquologues*⁸ qui ne connaissent que la stricte application des circulaires et en réclament toujours plus, et enfin un gros « ventre mou » qui fait son travail, sans excès, en tentant de passer à travers les gouttes et les conflits.

Le corps enseignant est *collectivement muet*. Certes, des fractions s'expriment : syndicats, mouvements pédagogiques, associations professionnelles..., mais ce ne sont, chaque fois, que des minorités idéologiques ou corporatistes, des « niches » diraient certains. Le milieu pédagogique français (enseignants et cadres) n'a pas la culture du *retour d'expériences*. Et pourtant, pendant la crise sanitaire, il y aurait eu beaucoup à faire en la matière, depuis également. Je le regrette vivement, l'école française n'est pas apprenante.

Aucune leçon n'a été tirée des différents types d'école hybride empiriquement mis en place pendant la crise sanitaire... et déjà oubliés. Et pourtant, il y avait matière ! Depuis, presque rien ne change, ce n'est pas dans notre culture professionnelle. Heureusement, le milieu de la santé fait beaucoup mieux que nous ! Le système pédagogique français ne pratique aucune capitalisation de ses acquis, notamment numériques, confirmant ainsi qu'il n'est pas apprenant.

Contrairement à d'autres professions, notamment celles du secteur de la santé, le milieu pédagogique français n'est pas engagé dans du *développement professionnel*. Il en est resté aux pratiques du siècle dernier, à une formation initiale et une formation continue déconnectées l'une de l'autre. En particulier, il ne cherche pas à *apprendre de ses erreurs*, il n'est pas apprenant.

8 C'est ainsi que je les ai qualifiés et dépeints à travers moult anecdotes, dans mon livre de 2021, *Op. cit.*

C'est une longue tradition : on peut observer la faiblesse de ses relations avec les parents d'élèves, les associations, les autres services de l'État, les collectivités locales, les entreprises. C'est la culture professionnelle voulue et entretenue d'un monde à part qui veut se prémunir des influences, qu'il considère néfastes, de la société civile.

Le métier d'enseignant a perdu ses *attraits* ; il est, beaucoup moins qu'avant, un métier de vocation. Il doit faire face à des difficultés grandissantes de recrutement et à des démissions en cours de carrière⁹ en nombre croissant. Il attire plutôt les enfants des

classes moyennes supérieures, mais les étudiants les plus brillants se tournent vers d'autres domaines. Un *nouveau métier* d'enseignant est nécessaire, notamment pour pratiquer un réel *accompagnement* des élèves et de l'innovation.

“ Chaque pays a son école. Elle est le reflet de ses rapports à la nation qui la porte.”

Ces faiblesses majeures du système éducatif français génèrent du dépit, des craintes, des déceptions et de la désillusion. Le grand public, la société civile n'y croient plus, et le milieu pédagogique

lui-même est perplexe. Le tableau présent est donc très sombre. On peut rêver d'une autre école, comme je le fais dans ma seconde partie. Chaque pays a son école. Elle est le reflet de ses rapports à la nation qui la porte. Si l'on voulait poursuivre l'analyse de la nôtre, il faudrait distinguer trois niveaux comme nous le faisons sur le tableau ci-après.

.....
9 Comme pour de nombreux autres métiers, c'est une évolution sociétale.

Niveaux	Caractéristique principale
Macro Niveau national	Valeurs et finalités Parlement et gouvernement
Micro Les 700 000 classes	L'action pédagogique quotidienne Les liens à l'environnement local Les classes et les 60 000 établissements scolaires
Mezzo Niveaux intermédiaires	L'organisation Le « comment » est révolutionnaire Il doit être remis en question

Nous ne poursuivrons pas plus ici notre analyse de l'organisation du système scolaire, la réservant à des écrits à venir, mais la description de mon rêve accordera une place essentielle à la question de l'organisation du système, ainsi qu'à celle des éléments qui le composent.

L'école de mes rêves

L'école de mes rêves est une école apprenante et humaniste ; c'est possible ! Elle repose sur quatre piliers que je vais décrire dans un ordre qui n'exprime pas une hiérarchie : c'est une vue systémique ; tout est lié à tout.

Pilier 1 : le numérique.

Le premier pilier est constitué par tous les usages possibles du numérique, avec des pratiques de plus en plus conséquentes et surtout *pensées* en profondeur, en amont de l'action. Le numérique est plus qu'un simple outil ou une caisse à outils : il nous fait entrer dans un *changement de paradigme*. Dans un avenir très proche, quasiment dès à présent, que restera-t-il en dehors du numérique, de l'intelligence artificielle, du métavers... ? Rien ou presque, c'est très clair. Dans l'école de mes rêves, le numérique encouragera la créativité, l'innovation collective et poussera à pratiquer plus d'évaluations. Il les facilitera.

Pilier 2 : l'émergence de nouvelles formes scolaires.

La forme scolaire¹⁰ actuelle la plus répandue sur la planète nous vient, en gros, du XIX^e siècle ; pendant deux siècles, elle a très peu évolué, seulement un peu depuis trois ou quatre décennies, avec la pratique du travail en groupes, récemment des modalités d'enseignement à distance (en simultané et en différé) et surtout, plus récemment encore, des dispositifs hybrides, à la marge, mais

sans toucher l'essentiel, le cœur du métier d'enseignant et les apprentissages cognitifs des élèves. Dans l'école de mes rêves, la forme scolaire sera hybride, novatrice, souple, flexible, articulant le scolaire et l'extrascolaire (parents d'élèves, associations, officines marchandes...), pratiquant de multiples innovations locales, des expérimentations, des retours d'expériences, des évaluations, tout cela permettant des *rétroactions* ; ainsi, *l'école deviendra apprenante !*

“ Dans l'école de mes rêves, selon une expression convenue, la pyramide sera enfin inversée. ”

Pilier 3 : un système horizontal et réticulé.

L'école de mes rêves substituera à la technostucture rigide, bureaucratique, injonctive et descendante, un système horizontal souple, réticulé, avec des *réseaux* scolaires (premier et second degrés) fortement ancrés à leur environnement *local*. Elle laissera les 60 000 établissements scolaires s'organiser en réseaux horizontaux, innovants et responsables.

Pilier 4 : un nouveau et attractif métier d'enseignant.

L'école de mes rêves créera un nouveau métier d'enseignant, plus attractif, adapté à notre époque et préparant les évolutions, qui sera centré sur l'accompagnement des élèves, l'innovation indivi-

10 Selon l'expression introduite par le sociologue Guy Vincent dans sa thèse, en 1980, et mondialement reprise depuis : une salle et des tables, un maître, un groupe d'élèves, une discipline à enseigner, des cours magistraux, des exercices pour les élèves, des interrogations et des devoirs...

duelle et collective, la collaboration entre pairs, les partenariats sur projets, les nouveaux usages du numérique et fera enfin du *développement professionnel*, contribuant ainsi à une école apprenante qui favorisera la responsabilité *collective* locale sur des projets locaux innovants.

Dans l'école de mes rêves, selon une expression convenue, *la pyramide sera enfin inversée*, comme on le suggère depuis le milieu des années 1980. Elle ne sera plus sous le joug de la lourde technos-structure. Cette évolution sera facilitée par un « État autrement » : les rectorats accompagneront, à leur demande, les établissements scolaires devenus autonomes et on peut même rêver (c'est proche du délire !) que le ministère accompagnera, à leur demande, les rectorats, dans une tout autre culture professionnelle. Enfin, il est encore possible de rêver plus encore : cette nouvelle école sera *humaniste* ; en son sein, l'humain sera premier et au centre de tout, présent partout !

L'école de mes rêves sera donc apprenante et humaniste.

SE NOURRIR EN 2050

Par Jean de Kervasdoué



Se nourrir fut de tout temps la priorité des êtres humains. De tout temps ... ou presque, car elle cessa de l'être le jour où la nourriture devint abondante. Les préoccupations changèrent alors de nature : elles ne consistaient plus à chercher à se nourrir, mais à se demander comment le faire. C'est le cas depuis un demi-siècle pour, notamment, la très grande majorité des habitants des pays de l'OCDE de plus en plus nombreux à se perdre dans l'excès.

Toutefois, si la famine sur Terre régresse depuis la révolution verte des années 1960, elle demeure et touche encore plusieurs centaines de millions d'êtres humains. Ce nombre qui était en constante décroissance s'est malheureusement de nouveau accru en 2022, et ceci d'environ une centaine de millions d'êtres humains, notamment du fait de la guerre en Ukraine qui a produit de fortes tensions sur le marché des matières premières agricoles, comme sur ceux de l'énergie et des engrais.

Qu'en sera-t-il en 2050 ? La tendance heureuse de l'abondance va-t-elle se poursuivre, ou va-t-on connaître des ruptures majeures, qu'elles soient techniques, politiques, écologiques, démographiques, sociales ou religieuses ? Y-a-t-il des signes avant-coureurs d'éventuelles ruptures ? Peut-on déceler dès aujourd'hui des signaux faibles ou plus nets pour prévoir la situation de 2050, dans un quart de siècle donc, horizon somme toute assez proche ?

Il est d'ores et déjà possible de nourrir 10 milliards d'êtres humains.

Si la surface cultivable de la Terre ne représente qu'un peu moins de 3% de sa superficie, nourrir dix milliards d'êtres humains n'est pas un problème technique. En 1980, alors que je dirigeais le Centre de prospective du Ministère de l'Agriculture, j'avais calculé que les États-Unis seuls pouvaient déjà nourrir quatre milliards d'êtres humains. Depuis, la productivité mondiale, et notamment américaine, a quasiment doublé : il ne faut plus que 0,2 hectare pour nourrir un habitant alors qu'il en fallait le double dans les années 1960.

Aux États-Unis toujours, la politique gouvernementale de gel de terres cultivables demeure : en 2023, 11 millions d'hectares exploitables étaient « gelés », soit l'équivalent de 40% de la surface cultivable de la France. En outre, une part importante des récoltes de maïs (40%) de ce pays sert à fabriquer du bioéthanol. Il existe donc des réserves de terres cultivables pour alimenter l'humanité, notamment en Amérique du nord, car il ne faut pas oublier le Canada. Il en existe aussi en Asie, en Russie notamment dont les terres cultivables s'accroissent avec le réchauffement climatique, et encore en Amérique du sud dans la partie tempérée, tropicale et équatoriale (car si cela était nécessaire, cette forêt équatoriale pourrait être mise en culture). Cela se produit déjà au Brésil comme en Indonésie, malgré les condamnations occidentales. Signalons enfin que la photosynthèse, et avec elle le rendement de l'agriculture, s'accroît avec le taux de gaz carbonique dans l'air.

La population mondiale va se stabiliser autour de 10 milliards.

La population de la planète va continuer de croître. Elle a dépassé les 8 milliards d'êtres humains au début de l'année 2024. Chaque nouvel habitant requiert de l'espace et de l'énergie pour être nourri, habillé, logé, transporté, chauffé, lavé, climatisé... Cette demande croissante, compte tenu des technologies existantes, s'accompagne notamment d'emprises au sol qui sont urbaines et agricoles et induisent des rejets de gaz à effet de serre. Toutefois, cette population va se stabiliser au cours de ce siècle. Du point de vue

de l'environnement en général et du réchauffement climatique en particulier, c'est une bonne nouvelle. Toutefois, Le vieillissement de la population, conséquence arithmétique de la baisse de la natalité, aura cependant de nombreux autres effets délétères, à commencer notamment par la faillite des systèmes de retraite par répartition ; mais ceci est une autre histoire.

“ La fin de ce siècle sera celle du début de la dépopulation de la Terre, mais en attendant il faudra accueillir entre 1,5 et 2 milliards d'êtres humains supplémentaires. ”

La baisse de l'indice de fécondité des femmes est en effet plus rapide qu'il n'était envisagé il y a encore vingt ans. Il est aujourd'hui en moyenne de 2,2 enfants par femme dans le monde, alors

qu'il était de 5 enfants en 1950 ! Le moment de basculement, qui sera atteint quand l'indice de fécondité mondial sera de 2,1, est maintenant proche. Sera-ce à la fin du siècle comme le projette l'ONU qui parle de 2086, ou plus tôt comme d'autres prévisions qui tablent sur 2050, ce que j'estime vraisemblable, le laissent à penser ? Certains d'entre nous le verront donc. La population du globe sera alors d'environ 10 milliards d'êtres humains.

La fin de ce siècle sera aussi celle du début de la dépopulation de la Terre, mais en attendant il faudra accueillir entre 1,5 et 2 milliards

d'êtres humains supplémentaires. Ces humains, pour mieux vivre, et notamment se protéger du réchauffement climatique, consommeront des énergies fossiles, les pays ayant tardé de produire en quantité de l'énergie nucléaire, la seule capable de s'y substituer de manière efficace. Comme il n'est pas possible – et à mon avis pas souhaitable – de brider le développement humain des pays, qu'ils soient du nord ou du sud de la planète, l'impact écologique de cette nouvelle population sera sensible.

S'il est techniquement envisageable dès aujourd'hui de nourrir 10 milliards d'hommes, cela ne veut pas dire que ceux de 2050 mangeront tous à leur faim, car à la question agronomique s'ajoutent des questions géopolitiques, écologiques et économiques.

Le marché des matières premières alimentaires n'est plus un marché de surplus. Il est devenu une arme stratégique utilisée par un nombre limité mais croissant de pays.

Jusqu'à la fin des années 1960, à l'exception notable du blé, les marchés agricoles étaient des marchés de surplus. Il y avait peu de pays exportateurs, dont les États-Unis et la France, il n'y avait pas de surproduction permanente et stable, sauf en Amérique du Nord. Les pays peinaient à nourrir leur population. Vint la « révolution verte » due à la sélection génétique des plantes, aux engrais et aux produits phytosanitaires ; les rendements à l'hectare ont en un demi-siècle, nous l'avons vu, plus que doublé. Si bien que, en 2021, 25% du blé produit dans le monde pouvait être exporté, 23% des autres céréales et 10% du riz (4% en 1970). Toutefois, beaucoup de pays, dont la Chine, mais aussi l'Égypte, le Maghreb et de nombreux pays d'Afrique subsaharienne ne produisent pas assez de céréales pour nourrir une population croissante dont les habitudes alimentaires ont évolué. Ainsi, en Afrique, le pain est devenu un aliment de base. Ces pays importent donc du blé.

Mais il y a des différences profondes entre d'une part la Chine et quelques autres pays riches (Japon, Corée du Sud, Royaume-Uni), et d'autre part le reste du monde. Avec 22% de la population mondiale, la Chine ne possède que 10% des terres cultivables, elle est donc le 1^{er} importateur de grains, de soja et d'huile ; elle est aussi le premier importateur de viande : le quart de sa consommation. Elle le restera. Ceci permet de souligner déjà que, quand un pays s'enrichit, ses habitants achètent de plus en plus de protéines, essentiellement de la viande, mais aussi des œufs et du poisson, voire des céréales et des protéagineux, non pas pour la consommation humaine, mais pour l'élevage.

“ Quand un pays s'enrichit, ses habitants achètent de plus en plus de protéines, essentiellement de la viande. ”

Les produits agricoles sont certes des matières premières mais, bien utilisés, ils deviennent une arme stratégique. Ce n'est pas nouveau car au cours des soixante dernières années, les Américains ont tout fait pour imposer, là aussi, leur hégémonie. Dès 1962, ils se sont violemment opposés à la naissance de la Politique Agricole Commune (PAC) européenne. Les joutes n'ont jamais

cessé, surtout quand l'Europe a commencé à être globalement exportatrice. Leurs exigences ont effectivement abouti à la limitation européenne du soutien aux agriculteurs, condition imposée par eux aux Européens pour la signature des accords du GATT, en vigueur jusqu'en 1994. Ils ont aussi tout fait pour limiter la production de protéagineux (soja, tournesol, etc.) en Europe.

Pour y avoir participé, je peux témoigner que les négociations entre alliés, en apparence feutrées, n'en sont pas moins violentes. Les Américains ont non seulement attaqué tout éventuel droit de douane européen sur leurs produits, mais aussi tout essayé pour supprimer les « barrières non tarifaires » et notamment la notion « d'appellation d'origine » à laquelle la France est, à juste titre, attachée. Leur argument était purement et simplement des argu-

ments de puissance. Toutefois, à la fin du siècle dernier, le duopole US-UE éclate progressivement car sont apparus de nouveaux pays exportateurs, notamment le Brésil et l'Inde ; puis, au début du XXI^e siècle, sont venus s'y ajouter la Russie et l'Ukraine, pays devenus fortement exportateurs, notamment de céréales.

Le nombre de pays exportateurs s'accroît

Les exportateurs de grains sont les États-Unis, le Brésil, l'Argentine, le Canada, l'Ukraine, la Russie, l'Australie... L'Inde est devenue exportatrice de riz, comme la Thaïlande, le Pakistan, le Vietnam et, toujours les États-Unis ; pour l'huile de palme, ce sont l'Indonésie et la Malaisie. À part le vin, l'Europe n'est pour l'essentiel exportatrice que de produits animaux, avec le Brésil et les États-Unis. Quant aux importateurs, il y a les pays riches : Chine, Japon, Corée du sud, Arabie saoudite (viande de mouton), et les moins riches comme l'Égypte, les pays du Moyen-Orient, le Mexique et le reste de l'Afrique qui apparaîtra sur les marchés mondiaux au fur et à mesure que sa richesse s'accroîtra.

Le rôle de l'Ukraine et de la Russie

En temps de paix, l'Ukraine, est une grande nation agricole. En 2019, ce pays était le premier producteur d'œufs en Europe (16,68 milliards d'œufs), le deuxième producteur mondial de « bio », le troisième producteur de pommes de terre et de viande de volailles, le cinquième producteur de maïs, le sixième producteur de blé (80 millions de tonnes), le septième producteur de betterave à sucre, d'orge et de colza... Quant à la Russie, avec une production de 134 millions de tonnes de blé en 2018, elle est le deuxième producteur mondial et le premier exportateur (17% des 193 millions de tonnes) ; aussi, quand on ajoute Russie et Ukraine, on atteint 30 % des exportations mondiales.

Il ne s'agit pas seulement de blé car l'Ukraine était aussi le premier exportateur d'huile de tournesol (50% du marché mondial), le

deuxième de colza, le troisième de miel... Si, du fait du réchauffement climatique, les cultures ont parfois souffert de sécheresse, 60% des terres ukrainiennes sont d'une extrême richesse (les « terres noires » contiennent un humus très nutritif) et elles n'avaient pas encore atteint tout leur potentiel. Aussi, au début de 2022, la FAO s'attendait à ce que l'Ukraine vienne compenser les baisses anticipées de production de blé en Amérique du Nord, car la demande au Proche-Orient ne cesse de croître.



“ Depuis la guerre, la Russie continue d'alimenter la Chine. Comme les USA, elle ne va pas se priver d'utiliser l'arme alimentaire. ”

Depuis la guerre, la Russie continue d'alimenter la Chine. Comme les USA, elle ne va pas se priver d'utiliser l'arme alimentaire. La situation est tendue, voire dramatique dans les pays du Sud, notamment chez les importateurs de blé : Maghreb, Égypte, Moyen-Orient, certains pays d'Afrique sub-saharienne, mais aussi Royaume-Uni... Ainsi en 2023, l'Égypte dont la population est de 105 millions d'habitants, a importé 11 millions de tonnes de blé (soit un quintal par habitant), essentiellement de la Russie, de l'Ukraine et de la Roumanie. Elle a aussi importé 9 millions de tonnes de maïs.

Rappelons que, pendant ce temps-là, l'Union Européenne envisageait de limiter sa production, de réduire les terres arables affectées à l'agriculture tout en favorisant le « bio », plus exigeant en espace pour une production identique. À tel point que le Ministère de l'agriculture américain s'est étonné, comme nous le faisons depuis vingt ans, du « suicide agricole européen ».

Une plus grande pluralité de l'offre, le maintien des prix bas et la défaite de l'Europe

Outre le rôle croissant de l'Ukraine et de la Russie, il faut aussi souligner les performances agricoles de l'Amérique latine, notamment du Brésil et de l'Argentine. Les BRICS élargis aux BRICS+ ... maîtrisent à eux seuls 60% des exportations mondiales de soja et de sucre, 60% de la production de coton, la moitié de la production mondiale des céréales stratégiques (blé, maïs, riz) et près de 40% de leur exportation... Face à la représentation simple des BRICS construite autour de la garantie de sécurité alimentaire à tout prix, celle de l'Union européenne articulée autour de normes morales, sociales, environnementales et climatiques vertueuses a volé en éclat sous les coups successifs de la pandémie de COVID, puis de la guerre en Ukraine... Tandis qu'elle (l'Union européenne) cherche à peser dans les équilibres alimentaires mondiaux en orientant les normes de production agricole, ses attermoissements ont érodé sa puissance ainsi que sa capacité à imposer son agenda au profit des pays des BRICS.¹

La Chine joue un rôle majeur dans cette évolution et est parvenue à exercer une influence profonde dans les organisations internationales, à commencer par la FAO. La prospective à 2050 est donc assez aisée. Les importateurs vont pouvoir se détacher de l'emprise économique américaine et écologico-normative de l'Europe.

Les États-Unis demeureront la première puissance mondiale, mais les pays importateurs pourront aussi se fournir en Russie, en Ukraine, en Amérique du sud, en Australie et en Nouvelle-Zélande. Le Maghreb, l'Égypte, le Proche et le Moyen-Orient seront de plus en plus importateurs, surtout si la paix s'installe car, une fois encore, plus un pays est riche, plus il achète de protéines ou de produits végétaux pour faire de la viande, du lait et des œufs. Reste l'incertitude de l'Afrique sub-saharienne, à l'exception de l'Afrique du sud

1 Olivier Antoine, « L'agriculture européenne entre guerre de représentations et risque géopolitique », *agriDées*, n°255, décembre 2023.

qui, vraisemblablement, va suivre les traces de l'Amérique du sud, c'est-à-dire continuer à se moderniser, produire et exporter (c'est déjà le cas de son vin). Les autres pays, notamment ceux du Sahel, demeureront très vraisemblablement des bénéficiaires de l'aide internationale qui ne sera plus exclusivement eupéo-américaine.

Un dérèglement climatique qui ne réduira pas la production mondiale

Jusqu'ici la question climatique n'a été évoquée que pour remarquer que le réchauffement de la planète a des conséquences favorables pour les productions agricoles des pays du Nord : Canada, Russie, Ukraine. N'ira-t-il à d'autres pays dont ceux du pourtour méditerranéen, dont la France ? Peut-être, mais

cela dépendra des conséquences de ce réchauffement sur le régime des pluies et surtout de l'adaptation des pratiques agricoles à ce réchauffement. Si la température du globe augmente, pour ce qui est de la pluviométrie, nous restons encore, pour l'essentiel, dans les habituelles variations climatiques. Si, en France, certaines années sont sèches (2022-2023), d'autres sont humides (2023-2024).

“ Si la température du globe augmente, pour ce qui est de la pluviométrie, nous restons encore, pour l'essentiel, dans les habituelles variations climatiques. ”

En revanche, il est vrai que si l'Europe et la France demandent de réduire encore l'usage des produits phytosanitaires, les

insectes vont se régaler des plantations laissées à leur appétit vorace et les maladies dont ils sont le vecteur vont se propager. C'est déjà le cas des betteraves depuis l'interdiction de l'enrobage des semences par des néonicotinoïdes et, pour les humains, de la propagation de la dengue, du chikungunya, du Zika, du West Nile, voire de la malaria par le moustique *Aedes*, qu'ils viennent du Nil ou d'ailleurs. Il est vrai que de ne pas utiliser d'insecticides accroît la biodiversité : une politique piquante... que n'applique pas un État comme Singapour

qui, à la fois, contrôle tous les lieux d'eau dormante favorable à la multiplication des moustiques et, par ailleurs, utilise des insecticides. Quant au rejet de méthane par les ruminants, qu'une vache rote ou pète en Normandie ou dans la Pampa argentine, cela ne change rien aux rejets mondiaux de gaz à effet de serre. Seule une baisse de la demande mondiale de produits carnés aurait un effet. Si effectivement cette demande baisse en Europe, ce n'est pas le cas dans le monde et ce ne le sera pas d'ici 2050.

Si on se limite un instant à la seule question française, ce pays a tous les atouts climatiques, géologiques et humains pour redevenir une puissance agricole, d'autant que ses produits sont aussi variés que recherchés, notamment ses vins et ses fromages. Mais il n'y a pas de fromage sans lait, pas de lait sans vache, chèvre ou brebis, et pas de ruminants sans fourrage. La politique malthusienne de réduction des surfaces plantées en Europe, comme celle de la limitation de la taille des élevages, sont absurdes, pour nous limiter ici à un qualificatif imposé par une éducation bourgeoise. Le restera-t-elle ? Vraisemblablement, si bien que la France continuera de produire et d'exporter ses productions de luxe, mais importera, outre des produits tropicaux, ses volailles, ses fruits et légumes et ses poissons, ayant très peu investi dans l'aquaculture.

Une consommation croissante des produits aquatiques

Au cours du quart de siècle à venir, la consommation de produits aquatiques ne cessera pas de croître pour des raisons diétético-gastronomiques et techniques : ces produits sont recherchés pour leur goût, leur qualité nutritionnelle (omega-3 des saumons et autres poissons dits « gras ») et, de surcroît, les poissons sont les plus efficaces fabricants de protéines. Il ne faut que 2kg de nourriture pour faire un kilo de poisson, alors qu'il en faut 3kg pour un poulet, 4kg pour du porc et 7kg pour du bœuf. Aussi, depuis l'an 2000, l'aquaculture mondiale a crû à un rythme d'environ 5%. Entre 2000 et 2019, la production mondiale de l'aquaculture est passée de

32,3MT à 85,3 MT² si bien qu'elle est aujourd'hui quantitativement au même niveau que la capture mondiale de poissons sauvages et va la dépasser. L'essentiel de la production piscicole a lieu en Asie (88%) et surtout en Chine, mais aussi en Indonésie, en Inde et au Vietnam. Le seul pays européen qui joue un rôle important dans ce domaine est la Norvège.

“ 40% des bateaux qui pêchent dans le sud de l'océan Indien, du Pacifique, voire de l'Atlantique, ne sont pas immatriculés ! ”

Pour nourrir ses poissons, la Chine importe de la farine de poisson, notamment du Pérou. Il est vraisemblable que d'ici 2050, on devra enfin accepter de nourrir les produits aquatiques d'élevage à partir de protéines végétales et ainsi limiter les prélèvements maritimes. À ce propos, il faut souligner que, faute de réglementation adaptée, faute de police internationale, les prises illégales de poissons dans le Grand Sud prospèrent : 40 % des bateaux qui pêchent dans le sud de l'océan Indien, du Pacifique, voire de l'Atlantique,

ne sont pas immatriculés ! Il est vraisemblable que ces territoires sauvages, sans foi ni loi, dureront aussi longtemps qu'il n'existera pas d'autorité mondiale capable de faire respecter ses directives. Rien ne dit que ceci arrivera avant 2050. Quoi qu'il en soit, dans ce domaine aussi, production et consommation ont pour l'essentiel basculé vers l'Asie.

De nouveaux aliments ?

En 2021, l'Académie des technologies lançait un groupe de travail sur les technologies alimentaires du futur et *The Economist* publiait dix pages sur le « nouveau régime de l'Anthropocène »³. Que se

2 Philippe Chalmain et Yves Jégourel, *Cyclope 2022*, Éditions Économica, 2023.

3 *The Economist*, "Future FOOD – The new Anthropocene diet", Technology Quarterly, October 2nd 2021.

prépare-t-il en cuisine, ou plutôt, en laboratoire ? La réponse à cette question va, comme nous allons le voir, permettre de rappeler qu'innovation et progrès ne sont pas nécessairement des synonymes. Découvrir est certes au cœur de l'aventure humaine et notre insatiable curiosité a permis d'accroître le champ du possible et donc de se soigner, de se chauffer, de voyager, de faire reculer la famine... et d'inventer la bombe atomique. Quant à l'alimentation, voyons ces innovations.



“ La nouveauté se trouve dans la diffusion planétaire de ces sources et habitudes alimentaires, non pas dans leur existence. ”

Le sujet est pacifique, mais qui aurait pensé que l'on serait capable de fabriquer du blanc de poulet en laboratoire sans passer par les phases traditionnelles : œuf, poussin, poulet, abattage, plumage, découpe, pour produire une viande d'un nouveau genre : le blanc de poulet de culture cellulaire, standard, découplable en bâtonnet, en cube et pourquoi

pas, le jour de la Saint-Valentin, en cœur ? Il en a bien le goût et l'aspect de la viande sur patte et son prix actuel s'approche du prix du marché : 15\$ le kilo.

Une diffusion mondiale d'aliments

Certains de ces aliments dits « nouveaux », ne sont cependant pas toujours si nouveaux que cela, même s'ils le sont pour les Occidentaux. En revanche, d'autres sont vraiment le fruit de multiples découvertes récentes. Ainsi, le consommateur végétarien achète depuis des lustres des laits et des fromages végétaux. Les « laits sans vache » représentent 15% du marché américain (pour un montant de 20 milliards de dollars). Si les élevages d'insectes se développent aujourd'hui en France, les humains en ont toujours consommé et l'on a recensé récemment mille-neuf-cents espèces

différentes qui sont au menu de tel ou tel groupe humain, soit à l'état de larve, soit à l'état adulte. La culture des algues prend certes aujourd'hui de l'importance, mais existe en Asie depuis des millénaires. Les végétariens de l'Inde ont depuis toujours une ration alimentaire équilibrée à base de protéines végétales. La nouveauté se trouve dans la diffusion planétaire de ces sources et habitudes alimentaires, non pas dans leur existence.

En revanche, ce qui est innovant (au sens d'invention) et moins connu du public, ce sont les capacités de la biologie de synthèse et les pouvoirs de la fermentation grâce notamment aux levures génétiquement modifiées. Déjà, dans les pizzas industrielles, le consommateur peut se rendre compte qu'il n'y a pas toujours d'œuf ou de mozzarella, mais des produits d'origine végétale qui en ont l'aspect. Ce n'est ni dangereux pour la santé, ni juridiquement répréhensible car les détails de la composition sont écrits sur l'emballage, c'est néanmoins commercialement douteux.

L'urbanisation

Par ailleurs, se développent de nouvelles manières de produire en ville des fruits et des légumes. L'idée est d'être proche du consommateur aisé pour lui fournir des herbes fraîches et des fruits cueillis le matin même. Pour y parvenir, salades, ciboulette, persil, coriandre, fraises, framboises sont plantés dans des containers éclairés par des LED dont l'hygrométrie et la température sont contrôlées pour que s'épanouisse rapidement la plante en atmosphère artificielle. Ainsi, en France, l'entreprise Agricoool a séduit à la fin de la décennie 2010 le gratin du monde des affaires, dont Xavier Niel, mais, en 2022, a été mise en redressement judiciaire après avoir englouti plusieurs dizaines de millions d'euros.

S'il faut toutefois prendre au sérieux ces développements, c'est que le système agro-industriel mondial, celui qui cultive et échange des produits agricoles, pose des problèmes écologiques : il est notamment consommateur d'énergie et rejette en quantité des

gaz à effet de serre. Énergie pour labourer un champ, énergie pour fabriquer des engrais, énergie pour récolter, mais aussi énergie pour faire venir des haricots du Kenya, des fleurs d'Équateur, des saumons de Norvège, des crevettes de Madagascar ou du raisin de l'hémisphère sud, quand on est au mois de mars. En outre, certaines pratiques agricoles polluent (le développement des algues vertes en est un exemple), les conditions de travail des ouvriers agricoles de certaines exploitations sont parfois affreuses et la maltraitance animale n'est pas toujours un vain mot.

L'apparition du « sans »

Aussi, à l'instar de ce qui se passe dans le monde du digital, des startups innovantes éclosent en Californie, au Japon, en Chine, en Israël et en Europe. En France, l'entreprise Gourmey a levé 10 millions en 2021, puis 48 millions d'euros en 2022, pour produire du foie gras à partir de culture de cellules de canard, donc sans gavage. Elle semble y être parvenue, ce qui est un succès car, pour que

l'illusion soit parfaite, il faut ajouter de la graisse d'origine végétale et quelques autres ingrédients pour que texture et couleur du produit fini soient à s'y méprendre celui d'un bon foie d'un canard gavé dans les règles de l'art.



“ Du lait sans vache, on est donc passé au steak sans vache. ”

En cela, cette société française suit les traces de grandes entreprises américaines, notamment de Beyond Meat et de Impossible Foods. Du lait sans vache, on est donc passé au steak sans vache. On est loin des premières cultures de cellules réalisées par Alexis Carrel en 1912, ou de la simplicité de la ration équilibrée d'un végétarien traditionnel, car, pour que le produit ressemble à de la viande, en texture comme en goût, il faut un mélange de cellules musculaires, de vaisseaux sanguins et de gras. Il faut ensuite

ajouter des molécules qui catalysent le mélange. Ces substances sont produites à partir de manipulations génétiques d'une levure. Il faut en effet que le produit avant cuisson ait l'aspect sanguin de la viande. Ainsi, notamment au Japon, un laboratoire annonce qu'il a pu produire du *Wagu beef*, le nec plus ultra de la viande japonaise. Il en est de même pour les poissons, car l'on cultive aussi des cellules de thon et de mahi-mahi, excellent poisson du Pacifique. En outre, à partir de mycélium de champignon, on obtient un aliment qui aura, une fois cuit, l'aspect et le goût du bacon. Bien entendu, pour chacun de ces produits on peut nuancer les goûts et ajouter à volonté des nutriments, comme par exemple des omega-3 dans le poulet. Enfin, l'élevage d'insectes sur un substrat d'ordures ménagères, pourrait permettre de nourrir les poissons d'élevage et ainsi éviter la surpêche qui ravage les océans.

Beaucoup d'énergie et des intrants complexes

À l'évidence, les bioréacteurs qui produisent de la viande de bœuf ou de thon ne se nourrissent pas de l'air du temps et, à ce stade, beaucoup utilisent du sérum fœtal, extrait du sang de vaches grosses au moment de l'abattage ! Ce n'est ni vraiment bon marché, ni une manière de se passer d'élevage. Certes existent des pistes, mais elles s'orientent vers la fermentation de produits végétaux par des micro-organismes génétiquement modifiés. Ce ne sera donc pas un argument commercial pour les amateurs du « naturel » et du « local », ce sera moins cruel mais très artificiel, même si ces produits ne contiendront pour les poissons aucune trace de mercure ou de plastic et pourront se réclamer d'un certain type de pureté. Il est vraiment difficile d'être un écolo de stricte obédience !

Quoi qu'il en soit, les innovateurs mondiaux avancent et pour cela lèvent des dizaines de milliards de dollars et d'euros, malgré de lourdes incertitudes. En effet, l'alimentation est aussi le domaine du tabou et du religieux. Ce poisson sera-t-il casher ? Cette viande sera-t-elle halal ? Quant à l'élevage, il joue un rôle central dans notre civilisation et façonne nos paysages. En outre, quel sera le prix de

ces produits ? Quel nom leur donnera-t-on ? Comment seront-ils réglementés ? Comment seront-ils acceptés par les consommateurs ? Quelle place peut, doit, tenir la France en la matière ?

Du point de vue des bilans énergétiques, il ne faut pas attendre des miracles, car ces produits qui ressemblent à de la viande ont besoin d'énergie pour que la transformation entre les ingrédients de base et le produit fini aboutisse. Ces produits trouveront leurs niches soit dans les aliments industriels et bon marché comme les pizzas bas de gamme, ou au contraire, dans des produits de luxe pour végétariens, animalistes et autres religieux aisés. En revanche, la substitution des protéines végétales aux protéines animales a un bel avenir si les végétariens, voire les végétariens, se développent.

Le changement des habitudes alimentaires

La cuisine est encore un des ciments de la société française. Si, autour de la machine à café, la conversation se porte sur le gigot de sept heures « à la sept heures » ou la tarte « Tatin », chacun évo-

quera avec passion les grandes lignes de sa recette et ceci quel que soit le milieu social. Des concours de cuisine sont projetés sur les chaînes de télévision aux heures de grande écoute. La pâtisserie se vend comme les produits de luxe et les grands chefs sont plus que jamais des stars médiatiques. L'excellence française est, dans ce domaine, mondialement reconnue.

“ À Paris, 25% des habitants ne préparent plus jamais de repas et, en toute logique, aux États-Unis, des appartements sans cuisine se vendent. ”

La continuité des habitudes alimentaires n'est toutefois qu'apparente car cuisiner prend du temps et devient une occupation de weekend. On ne déjeune plus en semaine à la maison, l'épouse ne

prépare plus de « gamelle », d'autres habitudes se sont prises à la cantine ou au restaurant d'entreprise. Le soir, le prêt-à-manger fait la fortune des fabricants de surgelés et des livreurs à domicile. En quelques années, l'offre des marchés forains s'est enrichie de plats cuisinés. Alors que la choucroute et le poulet rôti-pommes de terre ne datent pas d'hier, les marchands de paëlla ou de potée auvergnate remplacent aujourd'hui les étals traditionnels. Quant aux supermarchés, outre les conserves et les plats surgelés, on y trouve des fruits prédécoupés, des salades nettoyées et lavées, des entrées froides, des gâteaux, si bien qu'il suffit de sortir ces mets de leur emballage avant de passer à table.

À Paris, 25% des habitants ne préparent plus jamais de repas et, en toute logique, aux États-Unis, des appartements sans cuisine se vendent. Quant aux plus aisés, ils aménagent des cuisines luxueuses mais ne se servent quotidiennement que du congélateur et du four à micro-ondes. Le rythme des repas change. On mange à toute heure et si les fast-foods servaient déjà en permanence, c'est aussi le cas des restaurants traditionnels des quartiers touristiques. La diversité de l'offre se manifeste aussi par le choix du type de cuisine : chinoise, japonaise, italienne, grecque, turc, marocaine, basque, bretonne, corse, lyonnaise, alsacienne... sans parler des plats végétariens, voire végans, avec ou sans gluten ! Ces choix multiples bouleversent l'industrie agroalimentaire et l'organisation de sa chaîne de distribution. Il n'y a plus deux ou trois types de consommateurs, mais des dizaines et quelques tendances fortes : les boucheries ferment, les poissonneries se font rares et les Français passent à table comme s'ils entraient dans une pharmacie en demandant le taux d'anti-oxydant d'un fruit, ou le pourcentage d'oméga-3 d'une huile végétale.

Les applications du téléphone portable (*Yuka, Kwalito, Open Food Facts, Foodvisor...*) se multiplient et précisent le contenu nutritionnel de ce qui a été acheté : il suffit de scanner le code barre de l'étiquette. Quant à « Fruits et légumes de saison », ce site internet rappelle qu'il y a des saisons et que les fruits et les légumes ne viennent pas à maturité tout au long de l'année en culture de plein

champ ! Alim'confiance permet de consulter le circuit de distribution des aliments et se base sur les informations fournies notamment par l'inspection des fraudes. Enfin, il ne faut pas oublier Nutri-Score qui, par un code couleur allant du A(vert) au E(rouge), indique, nous dit-on, « la qualité nutritionnelle d'un aliment ». Le moins que l'on puisse dire, c'est que l'on tente d'informer les Français qui ont aussi en tête les messages du ministère de la santé, rappelant qu'il faut manger cinq fruits et légumes par jour, éviter de grignoter, de manger trop gras, trop salé, trop sucré et faire de l'exercice physique.

Toutefois, comme nous allons le voir, la bataille contre l'obésité n'est pas gagnée. Quant au diabète, autre signe d'une alimentation inadaptée, 5% de la population française en est atteint. La prévalence de ces fléaux augmente avec l'âge et frappe davantage les milieux modestes et les personnes les moins éduquées. Les médecins parlent de nutrition, les Français parlent de repas, ou de santé,

prenant le plus souvent le secondaire pour l'essentiel, car ce qui compte bien évidemment, ce ne sont pas les aliments, mais l'alimentation globale, non pas celle d'un jour, mais celle d'une semaine, d'un mois, d'une année, voire de toute la vie, avec une importance toute particulière pour la petite enfance !

“ À l'évidence, la même ration alimentaire n'a pas le même effet sur des personnes de même poids, de même taille et de même âge. ”

Nous avons, en France, la chance d'avoir des traditions saines : manger à heure fixe, en compagnie, une ration équilibrée (protéines, lipides et glucides) de produits de saison cuisinés à la maison, dans laquelle les légumes jouaient un rôle important. Et voilà que nous sommes aujourd'hui laissés seuls et, en principe « informés », face à une industrie alimentaire qui, pour vendre ses produits, les charge en sucre, graisse et sel pour accroître leur appétence, leur conservation et leur poids. Ces trois éléments ne

coûtent presque rien. Les choses se compliquent encore car nous sommes des « mangeurs inégaux »⁴. À l'évidence, la même ration alimentaire n'a pas le même effet sur des personnes de même poids, de même taille et de même âge. Pour expliquer ces inégalités, on pense depuis longtemps à la génétique et depuis peu au microbiote. En outre, l'effet d'une ration alimentaire va dépendre aussi de la nature et de la quantité d'exercice physique. C'est cette interaction qui, au fil des ans, voire des décennies, va conduire à un surpoids et surtout à des facteurs de risque comme l'hypertension. L'obésité n'est pas une maladie, mais elle entraîne un risque accru de contracter un accident cardiaque ou une tumeur cancéreuse.

Il apparaît donc que mettre l'accent, comme le fait le Nutri-Score, sur un produit et non pas sur une fonction, sur des habitudes, sur des pratiques sociales – bien entendu contraintes par le revenu, la religion et le milieu – consiste à tirer à côté de la cible. Certes le Nutri-Score peut permettre de comparer des pizzas pour choisir la moins salée, la moins grasse, mais il ne dit rien de l'alimentation de la semaine et stigmatise des produits comme, par exemple, le beurre, excellent pour la santé en petite quantité, car riche notamment en vitamines A, D et E.

Les gens grossissent parce qu'ils mangent et s'ils mangent, c'est qu'ils aiment manger. Manger est une nécessité et un plaisir, car nous avons été programmés par la sélection darwinienne pour accumuler des réserves en temps de disette, notamment hivernales, et stocker, au cas où, des sucres et des graisses. « C'est grâce au plaisir que nous sommes capables de stocker la nourriture et de survivre dans un environnement que nous ne contrôlons pas »⁵. Et il existe des neurotransmetteurs qui provoquent ce plaisir, non seulement en mangeant, mais en cherchant ce que l'on va ou ce que l'on pourrait manger⁶. Il suffit pour s'en convaincre de se rap-

4 Marian Apfelbaum, Raymond Lepoutre, *Les mangeurs inégaux*, Éditions Stock 1978.

5 Pier Vincenzo Piazza, *Homo Biologicus*, Éditions Albin Michel, Paris 2019.

6 *Ibid.*, pp.172 et 173.

peeler qu'au cours d'un excellent dîner, la conversation se porte sur d'autres repas mémorables ou des projets gastronomiques à venir. Le plaisir est dans l'excès et parfois dans l'interdit⁷.

Faire l'apologie du « bio » est une autre fausse piste⁸, comme de jouer sur la peur de produits phytosanitaires qui n'existent qu'à l'état de traces infimes et sont, à ces doses, sans danger. En revanche, la désinformation qui s'enracine dans la peur, n'a aucune conséquence sur l'obésité, mais, par exemple sur des mamans de milieu modeste qui peuvent se sentir « mauvaises mères » parce qu'elles ne peuvent pas offrir ces produits onéreux à leurs enfants et les laissent commander des pizzas. La hantise de manger mal ou trop, peut aussi développer un risque d'anorexie, une maladie grave chez les adolescents, et plus particulièrement chez les jeunes filles.

Certes, il existe des alimentations plus équilibrées que d'autres, notamment à base de poissons, de fruits et légumes et d'huile d'olive ou de colza, mais il est surtout essentiel de ne pas stigmatiser les

produits alimentaires en « bons » ou « mauvais », ils ne le sont qu'avec une certaine fréquence, une certaine dose, dans des conditions de vie spécifiques.

“ Il est surtout essentiel de ne pas stigmatiser les produits alimentaires en « bons » ou « mauvais », ils ne le sont qu'avec une certaine fréquence, une certaine dose, dans des conditions de vie spécifiques.”

Choisir son alimentation dépend de la situation économique, sociale, maritale et culturelle d'une personne. Elle dépend aussi de sa religion, de ses idées, voire de ses connaissances en matière de nutrition, d'éco-

7 Georges Bernard Shaw, en bon catholique, rappelait que l'église avait beaucoup fait pour l'amour, en en faisant un péché !

8 Leurs bienfaits sanitaires n'ont pas été démontrés.

logie, de bien-être animal. Elle est plus ou moins contrainte par des rites, mais surtout par des rythmes sociaux et professionnels. La famille a changé mais aussi, par exemple, en France, la culture des déjeuners d'affaire qui, quand ils existent encore aujourd'hui, sont plus rapides, plus diététiques et moins arrosés qu'il y a un demi-siècle ! Quels sont les grands facteurs qui vont transformer les habitudes alimentaires au cours du quart de siècle à venir ?

La féminisation de la société, le partage des rôles dans le couple, l'augmentation des divorces, l'urbanisation, tous ces mouvements se traduisent à la fois par la diminution du nombre de personnes dans un ménage et, dans la journée, par l'absence d'un adulte à la maison. Personne n'est plus là pour surveiller une viande qui mijote ou pour préparer une soupe de légumes, ce qui prend du temps. Alors on stocke des plats surgelés, on commande des plats préparés, on achète des salades sous emballage, des fruits pelés (ananas) et des noix décortiquées. On s'affranchit simultanément des influences familiales et culturelles et l'on peut exprimer ses choix qui en d'autres temps auraient été contraignants car l'un a son pain sans gluten et l'autre ses plats sans viande. Ceci explique le succès des sociétés de livraison à domicile à toute heure et, par ailleurs, le succès des robots autocuiseurs.

Une personnalisation croissante

Les choix étant de plus en plus ouverts, les consommateurs, s'ils le souhaitent, peuvent se préoccuper de l'impact de leur alimentation sur leur santé et sur l'environnement. Pour ce qui est de la composition des aliments, les applications fleurissent déjà et nul doute que l'on s'oriente vers une personnalisation sanitaire de la nutrition. Ainsi, à partir de la connaissance du génome de chaque être humain, de la composition de son microbiote, de son poids, de ses goûts, de ses habitudes alimentaires, du stockage des données des repas passés, des applications conseilleront en permanence ce qu'il sera conseillé recommandé de boire et de manger. Il n'est pas certain cependant que tout le monde succombe à cet impératif sanitaire,

les hommes ne vivent pas que pour vivre plus longtemps. Ils aiment manger et boire, mais apparaissent des médicaments qui permettent de réduire le poids des personnes obèses ou en surpoids. Il était temps.

La France perdait sa bataille contre l'obésité

En 2022, la branche européenne de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS Europe), publiait un rapport aussi documenté qu'inquiétant⁹. Il traitait de l'évolution croissante du surpoids et de l'obésité dans les pays de la région et en soulignait les très fâcheuses

conséquences. En la matière, l'idée que la France se faisait jusque-là d'elle-même n'était plus fondée, tant l'épidémie se développait à tous les âges et notamment chez les jeunes. Pour le constater, il suffit d'ailleurs d'ouvrir aujourd'hui les yeux, notamment dans les quartiers pauvres de nos grandes villes.

“ L'obésité est à la fois une maladie et un facteur d'aggravation de nombreuses autres affections.”

L'obésité est à la fois une maladie et un facteur d'aggravation de nombreuses autres affections. C'est une maladie parce que les tissus adipeux modifient le système immunitaire, ils sont une glande endocrine active car les cellules graisseuses reçoivent et émettent des hormones. C'est également un facteur de risque : en effet, le surpoids – et davantage encore l'obésité – sont un puissant moteur de développement de nombreuses autres pathologies. Elle a non seulement un impact sur l'appareil locomoteur et notamment les genoux, mais favorise aussi les maladies cardiovasculaires, le diabète,

9 “Who European Obesity Report”, 2022.

les maladies respiratoires, le dérèglement du foie, les troubles du sommeil, 13 treize types de cancer, les maladies psychiatriques... En outre, par des mécanismes épigénétiques, les personnes en surpoids ont une plus grande probabilité d'avoir des enfants qui auront du mal à réguler leur masse corporelle. Enfin, l'épidémie de la COVID 19 a montré les risques accrus de que peuvent encourir ces personnes. Avant qu'elles ne soient contaminées par le virus, elles avaient déjà des difficultés respiratoires et d'importants dysfonctionnements de leur système immunitaire et métabolique : leur corps est donc moins bien armé pour combattre ce type d'infection.

En Europe¹⁰, 60% des adultes sont en surpoids : 63% des hommes, 57% des femmes. Après le tabac, l'inactivité physique et l'alcool, le surpoids devient le quatrième facteur de risque de ces pays. À première vue, en 2016, la France ne se classait pas si mal quand on ne regardait que la prévalence de l'obésité¹¹. Elle se trouvait en effet au 33^e rang, loin derrière la Turquie (1^{er}), le Royaume-Uni (3^e), l'Espagne (15^e), l'Allemagne (24^e), mais devant l'Italie (41^e) et la Suisse (44^e).

Toutefois, le classement était déjà moins bon quand on regardait toutes les personnes en surpoids : la France était alors au 13^e rang, devant notamment l'Allemagne (33^e). Et la situation se gâtait encore pour la France, comme pour tous les pays de l'Europe du sud, si l'on tenait compte du taux d'obésité chez les enfants de 5 à 9 ans¹² qui auront donc de 41 à 50 ans en 2050. Avec surprise, on trouvait alors en tête l'Italie (1^{ère}), l'Espagne (5^e) et la France (12^e) juste après le Royaume-Uni (11^e) qui menait une politique active de lutte contre

10 La région « Europe » de l'OMS regroupe 53 pays dont la majorité sont dans l'Europe géographique, mais certains aussi au Moyen-Orient, comme la Turquie, le Liban et Israël.

11 L'IMC se calcule en divisant le poids de la personne en kilo par le carré de sa taille en mètre. Le surpoids est défini par un indice de masse corporelle (IMC) compris entre 25,0 et 29,9 kg/m². L'obésité est définie par un IMC égal ou supérieur à 30,0 kg/m².

12 WHO European Childhood Obesity Surveillance Initiative (COSI) : report on the fourth round of data collection, 2015–2017. Copenhagen : WHO Regional Office for Europe; 2021

l'obésité et, loin derrière, la Suisse (40^e). A l'évidence le « régime méditerranéen », celui de l'huile d'olive et des fruits et légumes frais en abondance n'était plus celui des enfants de ces pays.

Les causes de cette évolution sont bien connues : l'abondance de l'alimentation et l'absence d'exercice physique qui révèle chez certains êtres humains, une prédisposition génétique autrefois favorable. Il ne l'est plus quand la nourriture est abondante et bon marché. Si moins de 5% de la prévalence de l'obésité s'explique par des mutations génétiques et notamment les 8 gènes connus qui influencent le sentiment de satiété, la plupart des obèses, heureusement, ne sont pas porteurs de ces mutations ; toutefois, plus de 60 autres gènes ont une influence sans que l'on sache comment ils agissent et interagissent.

Nous sommes des « mangeurs inégaux », mais la génétique n'explique pas tout. L'obésité est une histoire de vie qui commence chez les parents, le père et la mère, au moment de la conception, elle se transmet d'autant plus aux bébés qu'ils ne sont pas nourris au sein et que l'on tarde à leur donner des nourritures solides. Vont ensuite jouer des facteurs environnementaux. Les enfants de milieu défavorisé disposent de moins d'espaces de jeu, font moins d'exercice, ont peu moins d'intérêt pour l'école, ont d'autant moins de soutien qu'ils vivent dans une famille décomposée, mangent donc plus mal... Les choses se compliquent encore à l'adolescence. Ainsi une enquête menée dans 45 pays d'Europe indique qu'au moins la moitié des adolescents ne mangent ni fruits, ni légumes ! Ils savent qu'ils mangent mal, mais le cortex préfrontal, celui de la raison et de la capacité de retarder un plaisir, se développe plus tard que celui de la récompense. Les ados préfèrent la « malbouffe » et sont très influencés par leurs pairs. Plus tard, au moment de la retraite notamment, ce sera l'inactivité physique qui aura le plus fort impact sur la prise de poids.

Le rapport de l'OMS-Europe parlait donc d'environnement « obésogène ». Il est avant tout social et interagit avec des facteurs biologiques et comportementaux. Or cet environnement évolue avec

l'urbanisation et notamment celle des quartiers pauvres, mais aussi avec Internet dont les marchands de produits concentrés en énergie, peu nutritifs et, disons-le, malsains, font de la publicité ciblée sur les sites recherchés par les enfants et notamment les jeux vidéo !

Très vite, l'excès d'aliments modifie l'expression des gènes, les cellules adipeuses non oxygénées se développent, comme la résistance à l'insuline. Quand l'obésité s'installe, il est très difficile de

la réduire, quels que soient les régimes et l'exercice physique. Le rapport parle de « grande difficulté d'enclencher une baisse de poids chez les adultes ». Intervenir chez les enfants, ce que nous semblons mal faire en France, semble donc la première priorité, car il n'y avait pratiquement pas de médicaments efficaces autorisés en Europe. Ceux qui le sont déjà aux États-Unis ont un effet réel, beaucoup d'effets secondaires et sont onéreux. En 2024, la

“ Quand l'obésité s'installe, il est très difficile de la réduire, quels que soient les régimes et l'exercice physique.”

seule thérapeutique immédiatement efficace est chirurgicale : la chirurgie bariatrique, mais pour que son effet perdure, il faut une forte volonté de la personne opérée.

Ceci ne veut pas dire que rien n'est aujourd'hui efficace : les groupes de parole qui se sont inspirés des méthodes des alcooliques anonymes ont un effet, mais il est vraiment difficile d'être obèse, car l'on est à la fois handicapé, socialement stigmatisé, psychologiquement fragile et, jusqu'en 2023, sans solution thérapeutique indolore autre que la chirurgie. Certes il faut faire flèche de tout bois, mais le nutriscore français n'est qu'une fléchette qui certes donne une information sur les aliments, mais semble avoir peu d'impact, nous l'avons dit, car c'est sur l'alimentation qu'il faut jouer, et non seulement sur les aliments. En outre, la lutte contre l'obésité ne peut pas se limiter aux seuls régimes et à la promotion de l'exercice physique, même si cela est essentiel.

La France est donc très loin d'envisager l'ampleur des mesures qu'il faudrait prendre, tout d'abord, pour suivre et conseiller dès la naissance ceux chez qui l'on décèle une tendance au surpoids. Mais il est évident qu'il faudrait agir sur toutes les dimensions de notre société obésogène et d'abord sur l'éducation : les connaissances de base en matière de nutrition ne doivent pas se limiter à la promotion du bio (par ailleurs sans effet), puis sur les revenus des plus pauvres, sur leur habitat, sur la publicité ciblée, sur la fiscalité des produits alimentaires « malsains », sur la livraison à domicile qui semble accroître la « malbouffe », sur le rôle des influenceurs et influenceuses... Une montagne !

Mais l'industrie pharmaceutique innove et trouve un nouveau marché

Des médicaments, jusque-là réservés aux diabétiques, agissent de manière efficace et réduisent le poids des personnes qui l'utilisent. Ils doivent être pris de manière permanente. Se pose alors la question du remboursement de ces molécules par l'Assurance Maladie, réservé à ce jour pour l'essentiel à une partie de la population. Il est probable que, comme toujours, à l'occasion d'une campagne électorale, pressé par les intéressés, un futur chef de l'État s'engagera à étendre le remboursement de ce type de molécules en attendant que, pour d'autres raisons, le système de protection sociale n'explose. En effet, d'ici 2050, ce système, pour l'essentiel financé par les 20-65 ans, ne résistera pas au choc de la baisse de la natalité qui est déjà en France en-dessous du niveau de renouvellement des générations. Il ne pourra plus, aux taux actuels, financer les retraites, rembourser 93% des dépenses de soins médicaux et prendre en charge la dépendance de la génération du baby-boom.

Trois âges comptent en politique sociale : l'âge de la retraite, 70 ans (qui est l'âge moyen des personnes hospitalisées en court séjour) et 85 ans qui est celui où le taux de personnes dépendantes augmente subitement, pour passer de 14 à 36% de la classe d'âge. Nul doute que cela se fera dans la douleur, sinon le drame.

En quelques mots

Les aliments de 2050 ne seront pas substantiellement différents de ceux de 2024, même s'il existera quelques curiosités de niche. En revanche, en moyenne, l'alimentation sera de moins en moins conviviale, de moins en moins structurée, de plus en plus rapide et individualisée selon les désirs et les croyances sanitaires, religieuses ou écologiques de chacun. Certes, l'alimentation locale, cuisinée, goûteuse, de saison, demeurera, mais elle sera l'exception plus que la règle. Au nom de la limitation du rejet des gaz à effet de serre, les produits tropicaux seront taxés, voire interdits. Quant à l'obésité, elle pourra être maîtrisée par des médicaments qui limitent l'appétit, voire imposée par un état totalitaire au nom de la réduction des dépenses de soins des personnes en surpoids. Et si, pour vous sentir moins déprimé, vous cherchez un bon bistrot...

L'HOMME DU FUTUR SERA-T-IL EN BONNE SANTÉ ? OU LA NOUVELLE CONDITION HUMAINE

Par **Martin Blachier**



Loin des science fictions dystopiques et des rêves transhumanistes, la santé de l'homme du futur sera certainement un peu moins fantaisiste qu'imaginée. L'immortalité ou la jeunesse éternelle, parfois promises par certains mégamanes technophiles, sont très éloignées des perspectives réelles pour la santé de l'homme du futur. Laquelle sera d'abord marquée par les pathologies de l'âge et des plaisirs, le collapsus des systèmes de protection sociale collectifs et une santé mentale fragilisée.

À ce jour, la seule définition « universelle » de la santé est celle proposée par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), à savoir que la santé est « un état de complet bien-être physique, mental et social, [qui] ne consiste pas seulement en une absence de maladie ou d'infirmité ». S'il s'agit là de la définition la plus consensuelle à l'heure actuelle, nous pourrions la questionner, à l'image du Dr Krokovski dans *La Montagne Magique* de Thomas Mann, qui se demande si « être humain » peut rimer avec « parfaite santé ». ? En effet, dans l'inconscient collectif, la définition de l'OMS se rapproche plus de

la recherche du bonheur que de la mission du corps médical. Dans la vraie vie, on se souhaitera une bonne santé en début d'année en pensant qu'il s'agit là de se souhaiter une année sans hôpital ou sans médecins.

Une définition à mes yeux plus pertinente inscrirait la santé dans un horizon temporel. La bonne santé deviendrait alors la durée pendant laquelle un individu fonctionne et jouit dans la vie sans être limité de façon significative par un état pathologique. Introduire le temps dans la définition de la santé clarifie la promesse de tout offreur de soins : celle d'optimiser une jouissance du temps qui permet à l'individu de se projeter. Du reste, cette dimension temporelle est tellement évidente que les principaux indicateurs utilisés, tant en recherche clinique qu'en pratique courante, y font constamment référence : la survie, le temps avant la prochaine crise, la durée de rémission, le temps avant rejet de greffe, le taux de guérison à 30 jours ou 1 an... Sans doute faut-il pratiquer la médecine pour se rappeler quotidiennement qu'on ne peut empêcher la mort, ni même la maladie. Le médecin ne tente que de retarder un handicap, une usure ou le décès.

La dichotomie entre ces deux conceptions de la santé – temporelle *versus* hédoniste – se retrouve également dans le monde économique : d'un côté le secteur pharmaceutique et médical, de l'autre, celui du bien-être, de l'esthétique ou du développement personnel. Il est intéressant de noter que la définition de la santé de l'OMS se rapproche *in fine* plus du second secteur économique que du premier. Une proximité qui explique en partie pourquoi les analystes du monde économique au sein des cabinets les plus prestigieux comme KPMG ou Mac Kinsey prévoient un avenir plus florissant pour les professions du bien-être que pour celles de la santé.

Parallèlement à la prospective économique sectorielle, plusieurs institutions et acteurs de santé d'ampleur nationale et internationale comme l'OCDE, l'OMS, la FDA ou la revue *Prescrire en France*, laissent de plus en plus entendre que suffisamment d'argent a été investi dans l'innovation médicale. Celle-ci a permis de disposer

d'un riche arsenal thérapeutique, suffisant à leurs yeux pour permettre à une très grande majorité d'individus d'atteindre un âge jugé satisfaisant. Aujourd'hui, l'espérance de vie d'une jeune française née après l'année 2000 est estimée

à plus de 90 ans. Il s'agit là d'une réflexion à l'échelle populationnelle que se permettent les technocrates, économistes ou autres démographes. Il n'est pas certain que celle-ci soit partagée par les individus ou leurs familles. En effet, les travaux existants tendent à montrer que les consommations de santé sont le plus souvent priorisées en cas d'arbitrages individuels. Au Brésil où les assurances privées de santé sont très développées, il apparaît que la plupart des assurés

choisissent une couverture maximaliste, même si celle-ci est plus onéreuse. Cependant, le vieillissement des populations pourrait progressivement faire évoluer ces choix et forcer les familles à des arbitrages internes plus douloureux.

“ Aujourd'hui, l'espérance de vie d'une jeune française née après l'année 2000 est estimée à plus de 90 ans. ”

Du vieillissement des populations

La condition humaine a récemment beaucoup évolué. On peut schématiquement identifier trois périodes historiques. La première est celle de la « survie héroïque ». Elle concerne l'histoire de l'homme jusqu'en 1800. Héroïque parce qu'un enfant sur quatre mourait avant l'âge d'un an et que l'espérance de vie ne dépassait pas les 30 ans. La plupart des individus étaient dénutris et vivaient dans des conditions d'hygiène déplorables. Les organismes fragilisés évoluaient alors dans une atmosphère méphitique et luttaienent contre une pression infectieuse universelle. Le malthusianisme était la règle, le nombre de survivants dépendant directement de la qualité des récoltes.

La seconde période remarquable est marquée par la double révolution « industrielle » et « hygiéniste ». Elle s'étend de 1800 à 1945. La science, l'ingénierie et l'hygiène publique sortent la condition humaine du malthusianisme. La machine à vapeur, le microscope, le savon, le traitement des eaux usées, la mécanisation de l'agriculture vont permettre l'opulence alimentaire et l'assainissement des conditions de vie. Les premiers vaccins de Pasteur et Jenner, ainsi que la découverte de la pénicilline par Flemming, en parallèle avec une salubrité générale, vont marquer la fin de la tyrannie des maladies infectieuses. Ces deux révolutions vont plus que doubler l'espérance de vie de la population en l'amenant jusqu'à 60 ans au milieu du XX^e siècle et en divisant la mortalité infantile par plus de 40. Cette période est la plus transformative de l'histoire pour la condition humaine depuis le début de l'agriculture dans le croissant fertile en 8 500 ans av. JC.

La troisième période est la période contemporaine. Elle correspond à l'avènement des grands âges grâce aux progrès de la médecine moderne. La révolution de la prise en charge des maladies cardio-

vasculaires, puis la révolution des traitements du cancer, ont permis à l'espérance de vie à 65 ans (les années que l'on peut espérer vivre une fois l'âge de 65 ans atteint) de gagner jusqu'à 20 ans, alors que celle-ci n'avait pas évolué depuis des siècles. En d'autres termes, le résultat principal de la médecine moderne s'observe principalement après 65 ans. Le fait démogra-

“ Les dépenses de protection sociale sont essentiellement dédiées aux personnes de plus de 65 ans. ”

phique majeur depuis la seconde moitié du XX^e siècle est un vieillissement des populations au-delà de 60 ans. Ce glissement de la pyramide des âges est fondamental dans la compréhension de la période actuelle.

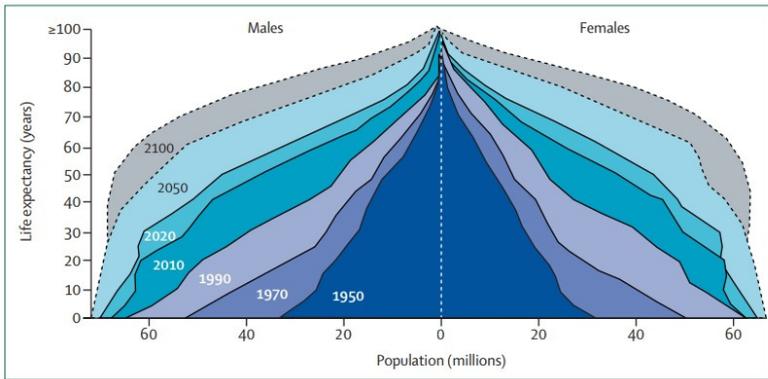
Pour un pays comme la France, présentant l'un des systèmes de protection sociale parmi les plus développés au monde, l'effet est particulièrement fort. En effet, les dépenses de protection sociale sont essentiellement dédiées aux personnes de plus de 65 ans. La solidarité nationale héritée de 1945 est bien plus transgénérationnelle – des personnes les plus jeunes vers les plus âgées – que redistributive – des plus fortunés vers les plus pauvres. La démonstration est aisée : une petite moitié (45%) des dépenses de protection sociale est utilisée pour financer les retraites, et un large tiers (35%) est alloué à l'Assurance maladie dont l'essentiel des dépenses est consommé pour prendre en charge les pathologies chroniques, lesquelles concernent essentiellement les individus de plus de 60 ans. À ces constats s'ajoute celui que la plupart des innovations thérapeutiques actuellement en développement dans les tuyaux des start-ups de biotechnologies ont comme principal objectif de permettre aux individus de vivre encore plus longtemps en tentant de lutter contre les effets du vieillissement.

Considérant les 40 dernières années, il est difficile de ne pas associer l'explosion de la dette de nos sociétés occidentales depuis les années 1980 à cette évolution démographique issue du progrès de la médecine. Pour l'heure, nos modèles sociaux survivent à crédit pour supporter le poids relatif devenu écrasant des cohortes des 3^e et 4^e âges. On peut légitimement se demander jusqu'à quand ce déséquilibre économique et démographique tiendra, d'autant plus que l'espérance de vie en bonne santé ne progresse pas, à l'inverse de sa cousine l'espérance de vie, et que l'infertilité, du fait du recul de l'âge à la conception et du rôle probable des perturbateurs endocriniens, vient encore fragiliser la base de la pyramide des âges.

Il est difficile de penser que la solution retenue sera de maintenir le système collectif en baissant les retraites, en augmentant drastiquement l'âge de départ ou en rationalisant un accès aux soins de plus en plus sophistiqué – et de plus en plus cher – compte-tenu du poids électoral des plus de 65 ans. Dès lors, on risque d'assister à un désengagement de la protection sociale collective actuelle, laquelle s'orientera progressivement vers un système individualisé,

impliquant une capitalisation pour les retraites et une contribution croissante des assurances santé privées dans la couverture maladie. Chacun pourra alors choisir d'allouer ses ressources pour privilégier sa qualité de vie au cours des années de jeunesse ou préparer ses 3^e et 4^e âges.

Évolution et projections selon l'ONU de la population mondiale par âge entre 1950 et 2100



(Source : The longevity society Andrew J Scott Lancet Healthy Longev 2021;2: e820–27)

Malades de notre âge ou de nos excès

Dresser le panorama des maladies du futur demeure un exercice incertain. Néanmoins, certaines tendances fortes sont identifiables, à commencer par les pathologies du vieillissement et celles liées aux addictions. La première tendance concerne l'augmentation des maladies du vieillissement, causée essentiellement par une raison démographique comme nous l'avons mis en lumière précédemment. La maladie cancéreuse constitue la plus mortelle des maladies du vieillissement. Elle provient de la perte d'efficacité de la machinerie cellulaire en charge de réparer l'ADN lors des réplifications. S'en suit une accumulation d'erreurs de codage pouvant

aboutir à l'émergence de tumeurs, puis de cancers dans les différents tissus. Plus l'âge augmente, plus ces erreurs sont fréquentes.

Les démences, dont celle d'Alzheimer, sont également des maladies du vieillissement récemment apparues dans les causes principales de mortalité. La grande majorité des cas de démences concernent les personnes de plus de 75 ans. Au-delà cet âge, la fréquence augmente de façon rapide pour atteindre presque une personne sur deux à 90 ans. Cancers et démences présentent donc un caractère quasi-inéluctable aux âges avancés.



“ Aucun pays au monde n’a réussi à faire reculer la prévalence de l’obésité. ”

L'autre grande famille de maladies contemporaines est celle des addictions dont la plus emblématique est l'obésité qui pourrait être considérée comme une addiction au gras et au sucre. Dans son *Atlas mondial de l'obésité 2023*, la fédération mondiale de l'Obésité estime que 51 % de la population mondiale vivra avec un surpoids ou sera obèse d'ici douze ans. Une personne sur quatre serait alors obèse, contre une sur sept aujourd'hui. La fédération anticipe également que, si les tendances actuelles se

maintiennent, l'obésité infantile pourrait être multipliée par deux par rapport aux niveaux de 2020, pour atteindre 208 millions (augmentation de 100 %) chez les jeunes garçons et 175 millions chez les jeunes filles (augmentation de 125 %). L'obésité augmente plus rapidement chez les enfants que chez les adultes.

Ce qu'on oublie souvent au sujet de cette épidémie métabolique, c'est son caractère extrêmement récent. Avant les années 1980, il n'y avait pour ainsi dire pas d'obèses aux Etats-Unis. Les sociologues et les épidémiologistes considèrent que la démocratisation du téléviseur et de la voiture individuels ont lancé cette épidémie. Un autre fait marquant est qu'aucun pays au monde n'a réussi à faire reculer la prévalence de l'obésité. Comme pour beaucoup

d'autres addictions, les populations les plus pauvres sont les plus touchées et la maladie débute à un âge de plus en plus précoce. Une autre idée reçue est qu'il s'agit d'une maladie peu grave et relativement simple à soigner. Or c'est l'inverse qui est vrai. Il s'agit d'une maladie grave qui a un impact considérable sur l'espérance et la qualité de vie des personnes concernées : diabète, maladies cardiaques, maladies mentales, problèmes articulaires et cutanés. Le seul traitement ayant actuellement démontré son efficacité est la chirurgie bariatrique qui consiste en la création d'un *shunt* digestif. Il s'agit d'un traitement lourd et cher.

L'ensemble des autres addictions sont en augmentation constante et concernent un large éventail de consommables allant des psychostimulants comme la cocaïne aux activités d'apparence plus anodines comme les jeux-vidéo, certaines pratiques sportives ou encore les paris sportifs. Chacune de ces addictions a pourtant un impact important sur la santé des individus, sans que le monde de la santé ne s'en alerte réellement. À ce titre, on peut s'interroger sur la mue de nos sociétés modernes en sociétés « addictes ».

Le développement puis le règne du marketing depuis les années 1950 constituent une piste crédible pour expliquer la dérive vers une société d'addictions. Les professionnels du marketing ont appris à jouer avec les circuits de la récompense pour maintenir ou accroître la consommation de leurs produits. La récompense recherchée est une libération de dopamine dans notre cerveau ; celle-ci procure un afflux de plaisir immédiat mais la contrepartie de ce plaisir sera une envie forte de consommer de nouveau. La recherche de plaisir immédiat et de ses déclencheurs les plus efficaces vont petit à petit remodeler nos quotidiens et nos habitus. Les techniques utilisées dépendront de la nature des produits vendus : pour les aliments, il s'agira d'augmenter le teneur en sucre et en gras ; pour les médias, il s'agira de favoriser les contenus choquants ou personnalisés grâce à des algorithmes.

Sortir de ce circuit de récompense et de la recherche de plaisirs immédiats une fois habitué, pour ne pas dire *addict*, demande le

plus souvent du temps, des efforts importants et des substitutifs. Dans l'intervalle, la consommation excessive de la « matière » addictogène endommage la personne dépendante parfois jusqu'à un état pathologique irréversible. Ainsi, les pathologies du futur seront celles de l'âge et des plaisirs. Cette évolution épidémiologique majeure nous interroge également sur les conséquences de la société d'abondance. L'homme, une fois libéré de la nécessité,

ne glisse-t-il pas nécessairement vers une recherche compulsive de plaisirs immédiats ? Quelle est l'alternative ? La conscientisation du contrôle de nos comportements est sans doute la réponse la plus correcte et en ligne avec les solutions qui se développent, comme la baisse volontaire de la consommation d'alcool ou la pratique sportive que l'on constate chez un nombre croissant de jeunes.

“ Les pathologies du futur seront celles de l'âge et des plaisirs. ”

La médecine des « 4 P » : une prophétie en trompe l'œil

Ces 15 dernières années, il est quasiment impossible de disserter de l'avenir de la médecine sans citer Elias Zerhouni, ancien directeur général du *National Health Institute* américain, lequel avait développé le concept de la médecine des 4P, à savoir une médecine Prédictive, Préventive, Personnalisée et Participative. Certains considèrent encore cette approche de la médecine comme une révolution souhaitable et réaliste, et prophétisent, en conséquence, la fin des difficultés de financement de nos systèmes de santé. De façon simplifiée, la prédiction puis la prévention des risques permettraient d'éviter les coûts importants des soins promulgués aux patients négligés.

Pourtant, force est de constater que la médecine est finalement bien plus immuable que ne le pensait le professeur algéro-américain de la célèbre université transatlantique John Hopkins. D'abord, la

médecine n'est pas prédictive. La quasi-totalité des pathologies sont révélées par un symptôme, un examen biologique ou une imagerie médicale, sans qu'aucune prédiction n'ait jamais été réalisée. La médecine prédictive qui consiste à prévoir théoriquement les pathologies plusieurs années avant leur apparition, sous le postulat que l'information génétique nous le permettrait, n'a pas complètement fait les preuves de cette compétence. Bien que la collecte de données génétiques ait connu, parallèlement à la puissance de calcul des ordinateurs, un saut quantitatif ces dernières années, il n'existe à ce jour aucun moyen de prévoir avec une précision et une certitude suffisantes le risque individuel de l'apparition d'une pathologie comme le cancer ou la maladie d'Alzheimer. En outre, pour que la médecine soit utilement prédictive, encore faudrait-il disposer d'une thérapeutique ou d'une solution à proposer au futur patient afin de prévenir l'apparition de ladite maladie, ce qui n'est pas toujours le cas.

Si la médecine préventive est quant à elle la top-tendance du moment chez les professionnels de santé publique, avec un argumentaire aussi simpliste que séduisant : « nous allons prévenir les maladies plutôt que de les soigner », cette dimension présente elle aussi quelques lacunes. En effet, cette conception sous-estime l'impact du vieillissement et des comportements enracinés et so-

ciologiquement déterminés dans l'émergence de maladies comme les cancers, les démences ou les maladies cardio-vasculaires. Ainsi, prévenir nombre de maladies reviendrait à vouloir interrompre le vieillissement et régler une bonne fois pour toutes les inégalités sociales. Tant que ces deux idéaux – chimérique pour le premier – n'auront pas été atteints, la médecine curative a encore de beaux jours devant elle.

“ Prévenir nombre de maladies reviendrait à vouloir interrompre le vieillissement et régler une bonne fois pour toutes les inégalités sociales. ”

Ensuite, pouvons-nous dire que la médecine contemporaine est de plus en plus personnalisée ? Nullement, bien qu'elle soit, il est vrai, de plus en plus sophistiquée. La découverte de nouvelles voies de signalisation cellulaire et l'ingénierie biomédicale nous ont, en effet, permis de développer des approches thérapeutiques innovantes sans que celles-ci ne soient pour autant plus personnalisées que les anciennes. Si les nouvelles immunothérapies se sont révélées efficaces dans de très nombreux cancers, les thérapies géniques développées dans les maladies rares ne sont pour autant pas personnalisées. Les futurs traitements de l'obésité, de la maladie de Parkinson, de la maladie d'Alzheimer ou des maladies cardiovasculaires ne seront pas plus personnalisés que la pharmacopée actuelle.

Enfin, la médecine moderne n'est pas participative. Bien que les patients soient de plus en plus impliqués dans les instances de santé, le plus souvent par l'intermédiaire de représentants semi-professionnels, la relation médecin-malade reste relativement immuable en raison d'une asymétrie d'information qui demeure le socle existentiel de la profession. Aussi, méfions-nous des oracles nous promettant que tout sera résolu par l'avènement d'un nouvel âge médical. Il serait bien plus raisonnable de préparer nos systèmes de santé à maintenir l'accès à une médecine résolument curative, sophistiquée et experte, en adaptant notamment les modes de financement.

Notre santé mentale en danger ?

Aristote avait raison : l'homme est définitivement un animal social. Une vérité qui résonne particulièrement dans nos quotidiens envahis par les smartphones. La capacité à être connecté tout au long de la journée à un nombre infini de personnes ne pouvait demeurer sans conséquence sur nos psychismes. D'autant que les réseaux sociaux sont devenus capables de capter notre attention de façon sur-optimisée grâce à des algorithmes d'intelligence artificielle. Ceux-ci sont si efficaces qu'une part croissante de la population y consacre plus de temps qu'aux rapports sociaux « traditionnels ». Nous commençons seulement à mesurer l'impact de ce boulever-

sement sur la santé mentale des individus via la transformation de leurs rapports sociaux. La première alerte semble concerner les jeunes filles adolescentes.

En effet, les enquêtes se suivent et se ressemblent en France et dans le monde entier. La dépression et son alter-ego l'anxiété ont doublé chez les 11-24 ans en 5 ans. La même tendance est observée pour les idées suicidaires qui ont concerné 18% des jeunes de 17 ans en 2022. La prescription d'antidépresseurs chez les jeunes filles a été multipliée par trois entre 2016 et 2021, les jeunes filles étant deux fois plus impactées par cette dégradation mentale accélérée que les jeunes garçons.



“ La modélisation du temps passé sur les réseaux sociaux est parfaitement corrélée à la dégradation de la santé mentale des jeunes. ”

Après que plusieurs pistes « sociales » comme l'éco-anxiété, l'évolution de pratiques éducatives, l'insuffisante pratique sportive ou encore la pandémie de Covid-19 ont été évoquées pour expliquer ces tendances vertigineuses, la plupart des spécialistes les imputent en grande partie aux réseaux sociaux. En effet, les autres explications possibles résistent mal à l'analyse : la pratique sportive

est stable chez les jeunes depuis plus de 10 ans, la dégradation ayant débuté bien avant l'arrivée du virus, et l'éco-anxiété est un phénomène trop récent pour expliquer cette évolution rapide. Enfin, la dégradation est observable bien avant l'arrivée de la pandémie en 2020.

À l'inverse, la dégradation dramatique de la santé mentale des jeunes adolescents est totalement synchrone avec la consommation de réseaux sociaux par la jeunesse. En 2012, les 15-24 ans passaient moins d'une heure par jour sur les réseaux-sociaux, en 2022 cette durée est presque multipliée par 4 pour les jeunes filles

et 3 pour les jeunes garçons. La modélisation du temps passé sur les réseaux sociaux est parfaitement corrélée à la dégradation de la santé mentale des jeunes. Les calculs montrent que sans TikTok, Instragram et Snapchat – responsables à eux-trois de 80% des dommages – chez les mineurs, près de 6 millions d'épisodes dépressifs d'enfants auraient pu être évités et 35 milliards d'euros de frais de santé économisés ; sans compter l'impact futur sur ces enfants devenus adultes.

Ce scandale de santé publique qui semble comparable à celui du tabac par la prévalence de la consommation, le caractère ultra-addictif et les effets néfastes sur la santé, demeure encore assez discret en France. Ce n'est pas le cas aux États-Unis où une plainte a été déposée par 41 états américains contre Méta (maison mère de Facebook et Instagram) pour les dommages causés sur la santé mentale des jeunes, dommages ayant conduit certains au suicide. Lors des audiences devant le Sénat américain, le président de Méta, Mark Zuckerberg, a reconnu le problème et s'est excusé devant les parents endeuillés.

L'autre transformation sociétale ayant un impact majeur sur la santé est l'avènement du télétravail. En 2023, la moitié des entreprises le mettaient en place, avec une durée moyenne de télétravail de 3.6 jours par semaine. Alors que 80% des salariés le plébiscitent et qu'il devient désormais presque impossible de recruter de jeunes profils sans le proposer d'emblée, l'impact sur les liens sociaux – et donc la santé mentale – est encore mal connu à moyen ou long terme. Plusieurs études montrent déjà le risque très accru de *burn-out* chez les salariés en télétravail, notamment en raison d'un isolement important. La numérisation des rapports sociaux, d'abord perçue comme une libération, a un impact majeur sur la santé mentale des individus. Elle achève son œuvre en transformant l'homme en un être immobile et sédentaire, souvent en surpoids ou obèse, alors que ses émotions et son cerveau sont soumis à une quantité exponentielle d'informations qui le dépassent, comme nos corps sont soumis à une quantité exceptionnelle de nourriture addictive.

Mais l'inertie des états est grande avant qu'ils n'œuvrent à réguler des consommations toxiques pour la santé des populations. Il a fallu des dizaines d'années avant de réguler la consommation de tabac ou d'alcool. Atténuer les effets néfastes de la consommation digitale sera une mission d'autant plus ardue qu'elle est au cœur de l'économie de nos sociétés modernes. Pourtant, les conséquences d'une jeunesse anxieuse et déprimée peuvent être dévas-

tatrices : baisse de la natalité, de la productivité, conflits sociaux, dérives politiques, pour ne citer qu'elles. D'autant que les maladies mentales sont très difficiles à soigner et que le cerveau est un organe à rémission très lente. Il faut plus de deux ans pour que les déséquilibres neuronaux se rétablissent après une dépression, et le risque de rechute demeure élevé.

“ Il faut plus de deux ans pour que les déséquilibres neuronaux se rétablissent après une dépression, et le risque de rechute demeure élevé. ”

Malades de notre environnement dégradé ?

Anticiper les conséquences sanitaires du réchauffement climatique ou d'autres modifications environnementales à venir est une tâche ardue. D'abord, parce que ces dernières sont elles-mêmes difficiles à prévoir, notamment en raison de réactions en chaînes peu difficiles à anticiper. Ensuite, parce qu'il faudrait être en mesure de connaître les réactions humaines en termes de politique publiques qui pourraient infléchir les tendances de référence. Ainsi, nous ne disposons pas de prévisions fiables de l'impact épidémiologique du réchauffement climatique ou des autres dégradations environnementales. Il est vrai que certains exemples sont souvent cités comme les vagues de chaleur plus intenses et plus fréquentes, les ouragans, les feux de forêts géants ou encore les sécheresses et les inondations. L'émergence de nouveaux virus ou la réémergence de maladies infectieuses anciennes sont également mentionnées.

Alors que les risques réels sont trop complexes pour être modélisés, il est au contraire possible d'analyser les bilans sanitaires de catastrophes climatiques passées.

La tempête Katrina qui toucha la Louisiane en août 2005 et la très récente pandémie de Covid-19 sont des objets d'analyse pertinents car appartenant aux phénomènes liés aux modifications climatiques et environnementales. Katrina tua plus de 1500 personnes à la Nouvelle Orléans et fut responsable de plusieurs cas de diarrhées cholériques en raison de l'endommagement des canalisations d'eaux usées. Ce n'est pourtant que la face émergée de l'iceberg. Ce sont les bilans *a posteriori* de la catastrophe qui ont permis de constater l'ampleur des dégâts. La catastrophe a provoqué un traumatisme psychologique important chez les survivants, avec des symptômes tels que le stress post-traumatique, l'anxiété et la dépression. Les écoles ont été fermées pendant des mois après la tempête, ce qui a perturbé l'éducation des enfants.

La désorganisation sociale et le chaos qui ont suivi la tempête ont entraîné une augmentation de la criminalité et de la violence dans certaines zones. Il a également été mesuré une perte de confiance dans les institutions en raison de la réponse défailante des institutions gouvernementales et locales. La reconstruction après Katrina a été longue et difficile. Des efforts ont été déployés pour reconstruire les infrastructures et les logements, mais les progrès ont été lents et inégaux. Les problèmes sociaux tels que la pauvreté, les inégalités sociales et le traumatisme psychologique persistent encore aujourd'hui. Le même bilan pourrait être tiré pour la pandémie de Covid-19 sur les dimensions économiques, sociales, éducatives, ou encore psychologiques. Force est de constater que ces événements laissent une trace profonde sur les communautés concernées, plus par la nature de la réponse apportée que par l'effet direct du virus ou de la montée des eaux.

Ces observations nous apportent une leçon capitale pour l'avenir. Ce ne sont pas les phénomènes naturels en eux-mêmes qui sont les plus dommageables pour notre santé, mais bien les conséquences

de ceux-ci sur la désorganisation de nos sociétés. La panique ou la sur-réaction à des risques nouveaux peut nous causer plus de tort que le risque en lui-même. L'homme dispose de ressources psychologiques importantes pour affronter les événements, mais la perception d'une réponse injuste de la société est en mesure de les dépasser. Les dommages sur la santé mentale sont alors inévitables et cicatrisent très lentement. Quand ils ne sont pas irréversibles. Ceux-ci sont pourtant évitables si les crises sont anticipées et que les réponses apportées sont proportionnées et équitables.

Les décisions prises en situation de crise ne doivent jamais être à courte vue et nécessitent de mesurer les impacts en conséquence dans l'ensemble des dimensions, à moyen et long terme. Notre capacité à calculer les impacts de nos décisions sera clé pour la santé des populations.

La santé de l'homme du futur s'écrit aujourd'hui

Pour conclure, la santé de l'homme du futur dépendra essentiellement de l'évolution de notre modèle social et sociétal. Plus que jamais nous devons penser notre environnement global (naturel, virtuel, alimentaire, familial, professionnel) car notre capacité à autodéterminer nos conditions de vie n'a jamais été aussi réelle.

Le calcul de l'impact de chacun des choix collectifs et individuels sur la santé des populations est un exercice nouveau mais le corollaire à notre toute-puissance. Il sera le cœur de la mission des décideurs.

De son côté, la médecine sera obligée de se repenser totalement. Quel est son objectif réel ? Comment adapter son mode d'exercice dans des sociétés si vieillissantes ? Doit-elle demeurer sur un modèle de financement uniquement collectivisé ? Le cheminement sur ces questions sera aussi essentiel que tumultueux.

Enfin, l'avenir appartient sans doute au secteur du bien-être. L'homme et la femme allégés de leurs plus lourds fardeaux dont la

peur de la mort prématurée et le travail laborieux et pénible pourraient se laisser aller à leur insoutenable propension à la légèreté, donnant la part belle aux loisirs et à la superficialité.

UN NOUVEAU STATUT POUR LE PATIENT DE DEMAIN

Par Pierre-Marie Lledo



Le paradigme de la médecine traditionnelle axée principalement sur le traitement curatif est aujourd'hui en pleine mutation pour faire place à une pratique plus préventive que curative. Selon cette médecine de demain, le patient n'est plus obligatoirement une personne souffrante, il est considéré comme un sujet sain à l'instant « t », mais potentiellement malade demain.

Voici revenir un nouvel épisode de la saga du Dr Knock, pensez-vous ? Cet article vise à préciser la réalité d'une révolution silencieuse qui oblige à repenser le statut du normal et du pathologique. Cette nouvelle médecine qui bouscule les catégories des états de santé soulève également des enjeux importants pour la pratique médicale, pose d'innombrables défis à nos systèmes de santé et, *in fine*, suscite des questions éthiques que nul ne peut ignorer.

Un patient en bonne santé

Le mot « patient » trouve son origine dans le latin classique, *patiens*, dérivé du verbe *pati*, « souffrir », « endurer ». À l'origine, il qualifie donc une personne souffrant d'une maladie, ou d'un trouble quelconque, qu'elle endure. Au fil du temps, le sens du vocable a muté pour désigner spécifiquement une personne qui reçoit des soins médicaux, ou qui consulte un médecin pour des problèmes de santé. Or, cette définition n'est plus adaptée à la médecine de demain, dans la mesure où le « patient » peut être en bonne santé, au moins lors d'un examen médical, mais il bénéficiera malgré tout de soins pour traiter une maladie potentielle. En d'autres termes, la médecine de demain devra tenir compte d'une notion qu'elle ignore encore aujourd'hui : la qualité de vie.

La conception dynamique d'un état de santé marque la fin de l'ère d'une médecine traditionnelle qui se voulait d'abord réactive et curative. Cette vision est à l'origine du concept de maladies chroniques, reléguant les affections aiguës au second plan puisqu'il est désormais rare d'en mourir. Dorénavant, la très grande majorité des patients composent avec leur maladie de longue durée (surtout cardiovasculaires, métaboliques, ou mentales et neurologiques) qui affecte considérablement leur qualité de vie.

La hausse des cas de maladies chroniques, conjuguée à une meilleure connaissance de l'origine des pathologies, plaide pour un abandon du classement des maladies tel qu'il fut établi vers la fin du 19^e siècle¹, pour entrer de plain-pied dans une nouvelle ère de la médecine qui requiert une approche plus globale, et durable, de la santé. Cette nouvelle pratique s'appelle la médecine « des 4P ». Elle promeut l'idée que la médecine ne doit pas être seulement réactive et curative, mais aussi proactive en intervenant bien avant que la maladie ne se déclare. L'appellation « des 4P » vise à identifier

1 C'était l'ère de la sémiologie portée, entre autres, par C. Bernard, R. Laennec et T. Sydenham.

l'origine de la rupture sémantique avec la pratique traditionnelle : personnalisée, préventive, prédictive et participative.

Pour comprendre l'avènement de cette nouvelle pratique, il convient d'abord de mieux appréhender les enjeux historiques auxquels la médecine traditionnelle fut confrontée, puis de considérer les particularités de cette approche globale de la santé qu'offre la médecine des 4P. Enfin, il importe d'examiner les défis éthiques que nous devons relever lorsque ce concept deviendra tangible.

La médecine des 4P

L'expression « médecine des 4 P » fut initialement forgée pour signifier qu'une nouvelle façon de pratiquer la médecine émergeait². Héritée d'une vision cartésienne, la médecine conventionnelle cherche à « segmenter » l'être humain en différents appareils corporels et psychiques. Selon cette vision mécaniste, le corps humain est appréhendé comme une machine complexe composée de parties élémentaires, distinctes et interagissantes. Cette conception permet d'expliquer les phénomènes biologiques en termes de mécanismes physiques compréhensibles. Grâce à la médecine des 4P, rendue possible par l'avènement de mégadonnées et de l'intelligence artificielle, nous porterons désormais un regard systémique sur l'Humain et la nature de ses pathologies.

Cette médecine propose un nouveau cadre thérapeutique qui vise à traiter non seulement les symptômes, mais aussi les causes sous-jacentes des maladies, en plaçant l'accent davantage sur la prévention et la promotion d'un équilibre global. C'est pour cette raison que l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) définit la

.....
2 C'est le Président du Council of Advisors on Science and Technology aux USA qui évoque pour la première fois la possibilité d'inscrire la médecine dans une démarche personnalisée. Dans son rapport intitulé *Priorities for Personalized Medicine*, il définit la médecine personnalisée comme une pratique « consistant à adapter un traitement médical en fonction des caractéristiques individuelles de chaque patient. » Voir : <http://oncotherapy.us/pdf/PM.Priorities.pdf>

santé comme « un état complet de bien-être physique, mental et social qui ne consiste pas seulement en une absence de maladie ou d'infirmi   ».

Pour appréhender cette nouvelle définition de la santé, la médecine des 4P est d'abord qualifiée de personnalisée, car contrairement à la médecine contemporaine qui se pratique à l'échelle d'une po-

pulation g  n  rale³, la médecine des 4P tient compte des particularités d'un individu, comme son profil génétique et épigénétique, en utilisant le nuage de données qui le concerne. Il devient alors possible d'évaluer la contribution génétique et environnementale sur sa santé. Aux   tats-Unis, la dose administrée de certains traitements anticoagulants se fait désormais après la détermination du profil g  -

“ La médecine des 4P met en son cœur les réseaux pour renseigner et éduquer les patients, les professionnels de santé, les aidants et l'entourage. ”

n  tique du sujet. Cette focalisation sur l'individu permet d'entrevoir des avantages prometteurs dans l'élaboration d'essais cliniques d'un médicament, car considérer que tous les individus réagissent de la même façon à un traitement est utopique.

Cette nouvelle pratique médicale est également préventive car elle considère l'état de bien-être avant la maladie. Pour cela, elle s'appuie sur la révolution numérique qui permet la collecte de données

3 Sous l'influence du positivisme, cher à Auguste Comte (1798-1857), il est possible de dicter des normes. Ainsi, la médecine traditionnelle reste une médecine des « moyennes » où les traitements proposés correspondent aux meilleurs traitements efficaces sur une moyenne de patients, sans tenir compte de la singularité et des variations interindividuelles.

massives⁴, une surveillance épidémiologique, et une personnalisation des recommandations de santé en fonction des caractéristiques individuelles des patients. Elle est aussi prédictive puisqu'elle permet d'envisager le traitement le plus approprié à un patient en maximisant son efficacité. Comme pour la personnalisation, une connaissance précise du patient permet également d'anticiper d'éventuels effets secondaires. Enfin, contrairement à la médecine traditionnelle qui utilise principalement le professionnel de santé et les services publics pour réaliser l'éducation à la santé, la médecine des 4P met en son cœur les réseaux (public, de patients et de professionnels de santé) pour renseigner et éduquer les patients, les professionnels de santé, les aidants et l'entourage. C'est pour cette raison qu'elle est qualifiée de participative puisqu'elle invite le sujet maintenant « éclairé » à devenir acteur de son programme de soins⁵.

L'émergence d'une révolution conceptuelle

On doit l'avènement de cette médecine à la convergence de cinq nouveaux paradigmes. Le premier concerne le développement et la démocratisation des outils d'analyse des mécanismes du vivant. Cette étape est le fruit de la naissance de la biologie moléculaire marquée par l'attribution du prix Nobel de médecine à trois chercheurs français, André Lwoff, Jacques Monod et François

.....

4 Les progrès de la technologie ont permis de collecter et d'analyser des quantités massives de données sur la santé des populations. Les informations provenant des dossiers médicaux électroniques, des capteurs de santé portables (« wearables »), des applications mobiles et des réseaux sociaux offrent des opportunités précieuses pour identifier les tendances, les risques et les modèles de santé à grande échelle.

5 Nombre d'études montrent combien la combativité du patient face à sa maladie est un bon pronostic vers la guérison. Une psychologue, Kelly Turner, a étudié ainsi plus de 1 000 cas de guérisons spontanées à travers le monde. Cette chercheuse a constaté neuf points communs dans ces guérisons. Parmi eux, elle note deux facteurs dus au mode de vie et sept facteurs psycho-émotionnels ! Les facteurs dus au mode de vie sont l'alimentation et la supplémentation en compléments alimentaires. Les facteurs psycho-émotionnels concernent la gestion de sa santé, la compréhension de ses émotions, la libération des émotions refoulées, le soutien social, la spiritualité et enfin le désir de vivre.

Jacob, fondateurs de cette nouvelle discipline⁶ qui permit dans un premier temps de développer le clonage des gènes, puis de poser les fondations technologiques pour les biotechnologies. Le deuxième paradigme fut la réalisation de grands projets fédérateurs et transnationaux qui permirent notamment le séquençage du génome humain. Pour la première fois, il devint possible de corrélérer les variants génétiques avec les phénotypes⁷ du bien-être ou de certaines maladies.

Le troisième paradigme se fonde sur la création d'équipes médicales et scientifiques pluridisciplinaires, alliant médecins, biologistes, chimistes, ingénieurs, informaticiens, etc. Cette nécessité de l'interdisciplinarité constitue un véritable défi aux programmes pédagogiques actuels des cursus universitaires des sciences biomédicales. Le quatrième fut la formalisation d'une nouvelle discipline, la biologie des systèmes. Cette biologie étudie de façon plus globale et intégrative les règles du Vivant. Elle diffère de l'ancienne stratégie réductionniste qui consiste à appréhender la biologie par son niveau le plus simple, gène par gène, puis protéine par protéine, etc. Le dernier changement paradigmatique fut la conceptualisation d'une nouvelle pratique médicale qualifiée de médecine des systèmes, fruit de l'application de la biologie systémique à la pratique médicale. La médecine des 4P représente l'application clinique de cette médecine des systèmes. Pour ce faire, elle utilise l'ensemble des cinq nouveaux paradigmes qu'elle applique pour combattre les maladies et améliorer le bien-être des individus.

6 On soulignera qu'ils sont les découvreurs de l'ARN messenger.

7 Le terme « phénotype » fait référence ici à l'ensemble des caractères observables d'un organisme, résultant de l'interaction entre son génotype (ensemble de ses gènes) et son environnement (que l'on nomme « exposome »). En d'autres termes, le phénotype représente les traits physiques, physiologiques et comportementaux d'un individu qui peuvent être observés ou mesurés objectivement, tels que la couleur des yeux, la taille, la forme du corps, le métabolisme, etc.

Contraintes sanitaires ou libertés publiques ?

La médecine préventive fut définie en 1948 par l'OMS comme « l'ensemble des mesures visant à éviter ou réduire le nombre et la gravité des maladies, des accidents et des handicaps ». Elle a pour but de prévenir l'apparition, la propagation ou l'aggravation d'une maladie, par opposition à la thérapie curative qui vise à guérir. En France, la politique de prévention a pour but d'améliorer l'état de santé de la population en évitant l'apparition, le développement ou l'aggravation des maladies ou accidents, et en favorisant les comportements individuels et collectifs pouvant contribuer à réduire le risque de maladie et d'accident. Selon cette approche, il est aisé de distinguer trois types de prévention : primaire, secondaire et tertiaire.

1/ La prévention primaire

La maladie et le handicap sont influencés par des facteurs environnementaux, des prédispositions génétiques, des agents pathogènes, les choix de mode de vie, et sont des processus dynamiques qui débutent avant même que les sujets ne se sentent affectés. Pourtant, la mortalité évitable pourrait diminuer drastiquement avec des mesures de prévention et des mesures prophylactiques plus drastiques. Ce sont des millions de décès qui sont, et qui pourraient être évités, chaque année dans le monde. La consommation de tabac, d'alcool et de produits stupéfiants, la mauvaise alimentation, l'absence d'ac-

“ Sommes-nous prêts à restreindre nos libertés individuelles pour satisfaire des nécessités impérieuses d'ordre sanitaire ? ”

tivité physique, les maladies infectieuses, les polluants et substances toxiques, les infections sexuellement transmissibles sont les facteurs causant le plus de décès évitables. Pour autant, sommes-nous prêts à restreindre nos libertés individuelles pour satisfaire des nécessités impérieuses d'ordre sanitaire ?

2/ La prévention secondaire

La prévention secondaire consiste à détecter une maladie au stade le plus précoce afin de la contrôler et prévenir les exacerbations futures. Implicitement, la prévention secondaire intervient lorsque la prévention primaire a échoué. Le diagnostic précoce par des tests de dépistage pour la sélection du traitement optimal est au cœur de la prévention secondaire. L'objectif de cette prévention est de diminuer la prévalence de certaines pathologies dans la population. Par exemple, la mammographie dans le dépistage du cancer du sein, l'absorptiomètre double énergie à rayon X pour détecter l'ostéoporose, la recherche des partenaires sexuels d'un sujet porteur d'une infection sexuellement transmissible et les programmes de détection précoce de troubles congénitaux chez le nouveau-né, sont autant de mesures qui relèvent d'une prévention secondaire.

3/ La prévention tertiaire

Elle vise à diminuer la prévalence des récurrences, à réduire les complications éventuelles et à limiter les séquelles à la suite d'une affection. Elle se concentre également sur la réhabilitation mentale, physique et sociale. Les mesures de prévention tertiaire tentent de maximiser les capacités et les fonctions restantes d'un patient déjà atteint. La réadaptation cardiaque chez un patient ayant subi un infarctus du myocarde est un exemple de prévention tertiaire. Dans ce cas, les dommages subis par le cœur ne peuvent être inversés, mais grâce à une thérapie et une réadaptation cardiaque appropriée, le patient est en mesure de maximiser son débit cardiaque et de prévenir toute morbidité et mortalité supplémentaires associées à l'infarctus du myocarde. Chez les patients diabétiques, les stratégies de prévention tertiaire comprennent par exemple le dépistage de la rétinopathie diabétique pour prévenir, grâce un traitement rapide, la progression vers la cécité.

Le dilemme d'une médecine personnalisée au service des soins pour tous

Pour la médecine personnalisée, les soins et les traitements sont orientés vers l'individu, afin de sélectionner le ou les traitements les plus adaptés en fonction de ses caractéristiques génétiques, phénotypiques et de son style de vie. La médecine personnalisée est une réalité aujourd'hui en oncologie et 70% des molécules développées dans ce domaine sont des médicaments dits de précision. Cela fait particulièrement sens depuis l'amélioration des connaissances et de la compréhension des

mécanismes des cancers. Chaque cancer, chaque tumeur a des différences génétiques et biochimiques pouvant être utilisées pour concevoir des médicaments de précision.

“ À partir de l'exposition environnementale, des facteurs génétiques et de l'interaction entre ces deux éléments, il deviendra possible d'évaluer le risque de contracter un certain nombre de maladies. ”

La médecine de demain laissera une part importante à l'implication et à la participation active du patient dans le soin, le rendant plus efficace. Cette médecine a pour objectif de faciliter la coopération médecin-patient grâce à la meilleure compréhension de leur pathologie et de leurs conséquences sur leur vie quotidienne, et d'améliorer si-

gnificativement leur espérance et leur qualité de vie. Dans la pratique, cette dimension collaborative transforme le patient autrefois passif, en un acteur central du parcours de soin. Pour faciliter cette transition, la « Loi Kouchner » marqua un tournant majeur en favorisant :

- ▶ le consentement libre et éclairé du patient aux actes et traitements qui lui sont proposés ;
- ▶ le droit du patient d'être informé sur son état de santé.

Mais le droit n'a pas été le seul catalyseur de cette transformation. Les possibilités technologiques qui favorisent la mise en place de cette médecine participative sont infinies. Citons, entre autres, les applications mobiles de gestion de pathologie et/ou de traitement, les objets connectés, les outils de communication entre patients et professionnels de santé, la e-prescription, la possibilité de consulter en ligne les résultats et comptes rendus de diverses analyses et actes de soin.

Enfin, soulignons que l'usage d'une médecine personnalisée offre l'occasion d'un renouveau en matière de recherche biomédicale. En effet, les patients peuvent être sollicités dans le cadre de programme de recherche, en dehors des études cliniques classiques sur la recherche de nouveaux médicaments. Afin de rendre le processus de mise au point de nouveaux médicaments plus court et moins cher, le programme de recherche *All of us*, par exemple, conduit aux USA par les *National Institutes of Health*, vise à recueillir les données d'au moins un million de personnes vivant aux États-Unis. L'objectif visé est d'offrir aux chercheurs des données personnelles pour étudier les perspectives offertes par la médecine de précision, en examinant les différences existantes entre le mode de vie, l'environnement et les caractéristiques biologiques de chaque personne. À partir de l'exposition environnementale, des facteurs génétiques et de l'interaction entre ces deux éléments, il deviendra possible d'évaluer le risque de contracter un certain nombre de maladies ; de déterminer les causes des différences existant d'une personne à une autre en ce qui concerne les effets produits par les médicaments couramment utilisés ; de mettre en évidence des marqueurs biologiques associés à un risque accru ou moindre de développer certaines maladies courantes ; d'établir de nouvelles classifications des maladies et de nouveaux liens entre elles ; de communiquer des données et des informations aux participants à l'étude pour leur donner les moyens d'améliorer leur état de santé ; et enfin de créer une plateforme destinée à permettre la réalisation d'essais de thérapie ciblée.

Des programmes similaires existent en France, comme le programme public ComPaRe (La Communauté de Patients pour la Recherche)⁸ proposé par l'APHP (Assistance Publique des Hôpitaux de Paris) en collaboration avec l'Université Paris-Cité. Celui-ci repose sur une e-cohorte de patients adultes souffrant de maladies chroniques, qui vont donner un peu de leur temps pour répondre régulièrement à des questionnaires en ligne sur l'état de leurs maladies et traitements, à partir d'une plateforme collaborative. L'objectif recherché par cette démarche est de pou-

voir utiliser les données collectées pour répondre à des questions de recherche sur les maladies chroniques, grâce à une communauté de patients qui peuvent s'impliquer dans la conception, la mise en place et l'analyse des projets de recherche. Ainsi, comme c'est le cas pour la médecine préventive, prédictive et personnalisée, cette dimension collaborative se base sur la génération, le stockage et l'analyse de données

multidimensionnelles pour améliorer la qualité de vie, optimiser le parcours de soin et garantir le bien-être des populations. Cette tendance montre qu'il est donc possible de s'intéresser au sujet et à la fois au collectif, sans pour autant devoir surmonter des injonctions paradoxales.

“ L'ensemble des outils informatiques ne suffira pas à relever le défi du décryptage de la complexité du Vivant. ”

Les trois défis de la médecine de demain

Malgré les avantages indéniables offerts par cette nouvelle pratique médicale, elle n'est pas sans poser plusieurs défis qu'il conviendra de relever avant de pouvoir pleinement bénéficier de ses effets positifs.

8 <https://compare.aphp.fr/>

1/ Défis techniques

Dans toute étude clinique, seule une fraction de la variabilité biologique est saisie (et donc analysée) en raison des limitations techniques (harmonisation des données, hétérogénéité des données), des outils expérimentaux disponibles et du coût engendré. Le développement d'outils expérimentaux générera de nouvelles informations, certes, mais en même temps, des quantités massives de données devront être traitées, analysées et interprétées de manière adéquate. Cela pose donc certains défis technologiques sur le sens des données ainsi recueillies, qui pourraient trouver une solution grâce à l'intelligence artificielle générative. Les techniques informatiques de *machine learning* pour l'apprentissage et la généralisation à partir de données, ainsi que les techniques statistiques de pointe, joueront un rôle important dans l'analyse de l'ensemble des données multidimensionnelles générées par les technologies de la médecine de demain. Malheureusement, ni la France, ni l'Europe, ne peuvent actuellement garantir la souveraineté de ces analyses.

Par ailleurs, il est évident que l'ensemble des outils informatiques ne suffira pas à relever le défi du décryptage de la complexité du Vivant. L'expertise dans le domaine de la biologie est essentielle, car des décennies de recherche peuvent être mises à profit pour aider à interpréter les données qui commencent à s'accumuler. Sans une compréhension profonde et croissante des phénomènes et réseaux du Vivant, il ne sera pas possible de trouver les signaux critiques dans l'énorme bruit généré par des vastes banques de données hétérogènes. Trouver les signaux faibles dans un bruit de fond proche d'un brouhaha, reste un défi technique important de la médecine des 4P.

2/ Défis pour les systèmes de soins

Les étapes nécessaires pour que cette nouvelle pratique médicale devienne une réalité vont bien au-delà des simples progrès technoscientifiques. La structure du système de soins de santé doit être repensée dans son entièreté pour fonctionner avec des équipes multidisciplinaires composées de médecins, épidémi-

logistes, biologistes, informaticiens, statisticiens, et enrichies par de nouvelles expertises (conseiller en génétique, coach comportemental, éducateur spécialisé, etc.).

De plus, les maladies chroniques imposent la plupart du temps une prise en charge complexe faisant intervenir des dizaines d'acteurs différents : des professionnels de santé, des personnels

paramédicaux, des professionnels du médico-social, etc. Cependant, avec l'hyper spécialisation des professions, le nombre d'intervenants se décuple et le parcours patient devient de plus en plus chaotique. Le besoin de coordination entre tous ces acteurs, et le partage des données du patient, sont vitaux pour le succès d'une bonne prise en charge⁹.

“ Il est recommandable d'envisager des programmes d'éducation à la médecine des 4P pour que les citoyens puissent avoir connaissance de cette pratique et puissent en bénéficier. ”

Concernant les patients, même si la moitié d'entre eux souhaitent laisser le médecin leur dire ce qui est le mieux pour eux, l'autre moitié souhaite recevoir des soins de cette nouvelle pratique. Il sera

primordial de faire en sorte que l'adoption et la démocratisation de cette médecine de demain ne produisent pas plus d'inégalités de santé qu'il n'en existe déjà. Pour cela, il est recommandable d'envisager des programmes d'éducation à la médecine des 4P pour que les citoyens puissent avoir connaissance de cette pratique et puissent en bénéficier. Enfin, le coût économique de cette nouvelle pratique médicale ne doit pas être un frein pour les patients et des *business models* innovants doivent être pensés en conséquence.

9 À titre d'exemple, pour les personnes souffrant de syndromes parkinsoniens, on compte aujourd'hui en moyenne 30 intervenants : 1 médecin généraliste, 18 spécialistes, 7 professionnels paramédicaux et 4 autres professionnels.

3/ Défis éthiques des données

Le respect de la vie privée des patients reste un des principaux obstacles à l'implémentation d'une nouvelle médecine des 4P. La confiance vers une médecine fondée sur l'utilisation du numérique pour générer, récolter, stocker et analyser des données privées, est intimement liée à la question de la confidentialité, l'intégrité, la responsabilité, l'authenticité et la gestion sécurisée des données. Les défis posés par la cybercriminalité et la sécurité des données personnelles sont des enjeux majeurs dans le succès de la démocratisation de la médecine des 4P. Pour que cette nouvelle médecine soit rendue efficace et son taux d'acceptabilité plus grand, il est nécessaire que les données personnelles des patients puissent être utilisées en toute transparence par des chercheurs qualifiés afin d'accélérer les découvertes en biologie/physiologie. De même, nous devons développer des moyens de contrer activement les fausses informations qui pourraient se répandre sur les réseaux sociaux et corriger ces « infox » que l'on retrouve bien trop souvent sur les sites dédiés aux conseils médicaux.

Ce n'est qu'en surmontant l'ensemble de ces défis que la médecine des 4P pourra apporter une nouvelle manière de diagnostiquer, traiter et prévenir les maladies, en offrant des soins plus précis et efficaces, adaptés aux besoins individuels de chacun.

Conclusion

Le 20^e siècle a été le théâtre de grandes innovations médicales, comme les antibiotiques, les vaccins, l'anesthésie, la chimiothérapie et, plus récemment, l'émergence de la médecine factuelle (fondée sur les meilleures preuves scientifiques), de la chirurgie mini-invasive (laparoscopie), de la chirurgie ambulatoire et de la réhabilitation améliorée. À l'aune du 21^e siècle, une autre évolution plus globale est en cours pour promouvoir une médecine adaptée à la connaissance des gènes de chaque individu, combinée à son style de vie. Le but de cet article est d'en présenter succinctement les fondements, pour nous préparer à cette révolution, à ces nouveaux

défis, afin que nous puissions favoriser une application universelle et non mercantile du progrès des sciences médicales.

On aura compris que la médecine des 4P propose une vision bien plus globale de la médecine personnalisée, et qu'elle est destinée à transformer la gestion de notre santé, de nos pathologies et de nos pratiques médicales. Pour cette médecine de demain, la consultation médicale sera moins motivée par les symptômes, que par le calcul de probabilité d'être atteint d'une maladie. Elle soulève bien sûr quelques interrogations qui nous invitent à repenser la relation médecin-patient, et le rôle futur des généralistes. Comment former les prochains médecins à cette approche ? Cette médecine de demain met l'accent sur la participation des individus, mais cet aspect est différemment apprécié par les participants. Il ne s'agit pas seulement de tenir compte des choix et des valeurs des individus dans la décision médicale partagée, il s'agit aussi de mettre les individus à contribution pour surveiller (parties préventives et prédictives) certains indicateurs (organiques ou biologiques) grâce à une éducation thérapeutique optimale et adaptée à chaque individu, en fonction de son contexte socio-économique. En d'autres termes, si les patients deviennent demain des « experts », serons-nous tous égaux et préparés à cette transformation ? Comment ce mouvement pourrait-il être inclusif ?

La recherche de facteurs de risques et leur annonce des années avant l'éventuelle apparition de la maladie, comportent des risques évidents de discrimination à l'embauche ou à l'obtention de prêts ou assurances (tarification révisée selon les risques). Ce problème est important dans la mesure où la médecine des 4P vise à catégoriser le patient en individu « malade », « à risque », « non malade » ou « guéri ». Se dirige-t-on vers une « archipelisation » médicale de la société ? De plus, le regroupement des individus en strates selon leurs risques médicaux comporte le danger de voir revenir une médecine « racialisée », alors que nous savons que l'expression somatique des particularités génétiques n'est pas constante, et

qu'intervient à des degrés variables l'épigénétique¹⁰. Enfin, puisque la médecine de demain nous donne des éléments de connaissance sur notre avenir, sur nos risques de développer des pathologies, le risque d'une désolidarisation du collectif est grand¹¹.

L'enjeu en Santé des années à venir sera la prise en compte de la singularité de chacun, mais aussi que chaque individu soit appréhendé dans sa globalité, comme un tout. La médecine des 4P fera-t-elle que les mesures de prévention et les prescriptions seront dorénavant guidées par la connaissance de votre ADN combinée à votre style de vie ? Si anticiper l'importance de la médecine des 4P dans la transformation de la santé et de la médecine n'est plus une option, restons engagés dans ce voyage passionnant vers un avenir qui nous rassemble plutôt qu'il nous divise. Cette évolution irréversible de la médecine est un défi majeur pour le 21^e siècle et ses générations futures. Ne manquons pas ce rendez-vous pour bâtir un monde plus équitable et solidaire à la fois !

10 C'est-à-dire que l'expression de l'activité d'un gène n'est pas déterminée comme peut l'être un interrupteur électrique en mode *on* ou *off*, mais plutôt soumise à la contingence.

11 Par exemple, si l'on découvre que vous montrez une grande susceptibilité de développer un cancer du poumon, et que vous êtes en même temps un fumeur invétéré, la solidarité sociale risque de s'estomper.

L'AVENIR DE LA MÉDECINE PRÉDICTIVE¹

Par Roman Hossein Khonsari



Réfléchir au futur de l'humanité, c'est prédire : en spéculant, avec une efficacité qui dépend de la clairvoyance de l'auteur, ou en modélisant, avec des outils reposant sur des bases théoriques ou sur des données réelles.

Quelques rares spéculateurs visionnaires ont anticipé des révolutions scientifiques grâce à la puissance de leur esprit², mais la plupart des

-
- 1 L'objet de cet article étant de formuler une prédiction, sa démarche entre en contradiction avec l'ensemble des principes qui y sont énoncés.
 - 2 Anticipation des principes de la génétique moléculaire : E. Schrödinger, *What is life ? The physical aspect of the living cell*, Cambridge University Press, 1944. Anticipation des principes de l'intelligence artificielle : AM. Turing, « *Computing machinery and intelligence* », *Mind*, 1950, n° 49, pp. 433-460. Quelques principes généraux sur l'origine des divinations tombées juste : N. Silver, *The signal and the noise: why so many predictions fail - but some don't*, Penguin Books, Londres, 2015.

devins se sont trompés³ et continuent de se tromper⁴. Pour espérer bénéficier d'une portée générale, il faut aborder la prédiction comme une science. Cette « anticipation rationalisée » s'est d'abord développée dans des domaines angoissants, dangereux, ou coûtant de l'argent – par exemple l'analyse financière, les phénomènes climatiques, la résistance des matériaux, ou encore l'origine des maladies graves.

En clair, la prédiction scientifique vise en priorité à éviter les catastrophes et à maximiser les profits. En miroir de ces objectifs pragmatiques, cette branche de la science peut être exploitée autrement : les outils de prédiction rationnelle peuvent aider à comprendre l'évolution de phénomènes naturels ou sociaux, depuis les mouvements cellulaires jusqu'aux processus cognitifs, avec une vision positive. L'accès à la prédiction est cependant inégal selon les branches des sciences de la nature. La physique ou la chimie disposent de bases théoriques et formelles consensuelles qui ont permis depuis plusieurs siècles de construire des outils prédictifs rigoureux et utiles, par exemple en mécanique du solide ou en électronique. La situation est bien différente en médecine.

3 Deux exemples édifiants : Nostradamus, *Les premières centuries ou « Prophéties »* (édition Macé Bonhomme, 1555), Droz, 1996, et Ariane Chemin et Marie-France Etchegoin, *Didier Raoult, une folie française*, Gallimard, 2021.

4 Un « grand patron » de neurochirurgie parisien reconnu pour son implication dans l'innovation chirurgicale avait installé, en 2005, de grands écrans de télévision dans son bureau pour surveiller l'activité dans les blocs opératoires de son service, où il avait fait placer des caméras. Il pouvait même échanger avec (vociférer sur) ses adjoints via un micro qui diffusait sa voix dans des batteries de haut-parleurs. Ces écrans de télévision, les derniers avec tubes cathodiques, étaient très volumineux et occupaient presque toute la place dans son bureau. J'étais allé le voir en tant qu'externe intéressé par la recherche en chirurgie. Très fier de la taille et de la qualité (pour l'époque) des images sur ses écrans, il m'avait expliqué : « L'homme a besoin de grands formats, les petits téléphones avec des écrans minuscules n'ont aucun avenir, personne ne regardera des photos ou des vidéos miniatures. » Le premier téléphone portable avec un appareil photo intégré était sorti en 1999 au Japon (Kyocera Visual Phone VP-210) et le premier iPhone 2G allait être mis sur le marché aux États-Unis deux ans plus tard, en juin 2007.

La prédiction médicale : entre science, société et politique

Qu'elle soit guidée par des principes positifs ou consacrée au dépistage de désastres à venir, la prédiction est au cœur de l'activité médicale : comment définir un calendrier chirurgical ? Que répondre aux demandes d'un patient sur le pronostic de son cancer ? Combien investir dans une politique de vaccination à grande échelle ? Un problème émerge d'emblée : la médecine repose sur des outils issus principalement de la biologie et, partant, ne dispose pas encore de cadre théorique général. La biologie est en effet une branche des sciences de la nature pour laquelle nous n'avons pas encore déterminé de principes unificateurs, en dehors de la seule théorie de l'évolution⁵. En raison de son lien fort avec la biologie et de l'absence d'outils transversaux, la prédiction en médecine fait appel à des méthodes hétérogènes : corrélations phénotype/génotype, épidémiologie, modélisation biomécanique, raisonnements physiologiques. Et le plus souvent, plusieurs de ces approches sont associées, sans la garantie théorique de leur compatibilité.

Par ailleurs, au-delà des questions de méthode, l'application d'outils de prédiction avec des marges d'erreur à un individu conscient ne répond pas à son questionnement personnel, car il se retrouve, dans la plupart des modèles, lâché dans une distribution gaussienne avec l'espoir d'être du bon côté de la courbe, même avec une probabilité négligeable⁶. Dans ce contexte, la prédiction médicale, du moins dans le domaine des événements négatifs, soulève d'emblée un double problème : absence de méthode consensuelle et ambiguïté de sa pertinence à l'échelle individuelle.

.....

5 Même le lien a priori évident entre vie et organisation cellulaire est mis en cause par la structure des virus : T. Hearn, *Infravies, Le vivant sans frontières*, Seuil, 2019. La théorie de l'évolution est considérée comme la seule théorie unificatrice actuellement connue en biologie : Alain Prochiantz, *Accident : Regard sur la République des sciences*, Odile Jacob, 2024.

6 S.J. Gould, « The median isn't the message », *Virtual Mentor*, n° 15, 2013, pp.77-81.

La donnée de santé : un lien entre la science et la politique

La base de la médecine prédictive est la modélisation, c'est-à-dire la réduction du monde réel à un système contrôlé dont les lois et les paramètres sont choisis par les architectes du modèle. Tous les modèles ne sont pas déterministes, dans la mesure où certaines lois comportent un degré d'incertitude⁷. Cependant, il n'est pas

abusif de considérer que le modélisateur façonne le monde dans lequel il se positionne pour produire ses prédictions. La démarche de modélisation comprend ainsi d'emblée un élément subjectif, qui n'est pas problématique en soi car les règles choisies par l'opérateur sont énoncées, mais qu'il est important de ne pas négliger lors de l'interprétation des prédictions, surtout dans le domaine de la santé⁸. Plus concrè-

“ En médecine, en l'absence de théorie unificatrice, la construction d'un modèle peut suivre deux chemins : mécanistique ou statistique. ”

7 La Quantification des marges et de l'incertitude (*Quantification of margins and uncertainties*, QMU) est une branche des statistiques d'aide à la décision, qui étudie les seuils et les marges soumis à divers degrés d'incertitude issus de la structure des modèles. La QMU est notamment utilisée dans les industries nucléaires et aérospatiales : M. Pilch et al., « Ideas underlying quantification of margins and uncertainties (QMU) : a white paper », Sandia National Laboratories Report, 2006, SAND2006-5001. Pour une réflexion générale sur l'importance de l'étude des équilibres des systèmes dynamiques en biologie : E. Sanchez-Palencia et al., « Dialectique dans les sciences et systèmes dynamiques », Le temps des cerises, 2022.

8 « Tous les modèles sont faux » (*All models are wrong*) : Box GEP. *Science and statistics*. J-Am Stat Assoc 1976 ; « mais certains sont utiles » (*but some are useful*) : Box GEP. *Robustness in the strategy of scientific model building*. In Launer RL et al. (éd.) *Robustness in statistics*. Academic Press : Cambridge MA, 1979, p.202-203. Dans le même ordre d'idée, « la carte n'est pas la chose cartographiée » (*the map is not the thing mapped*) : Bell ET. *Numerology*. Williams & Wilkins : Baltimore MD. p.138 ; « une carte n'est pas le territoire qu'elle représente, mais, si elle est juste, elle possède une structure similaire à ce territoire, ce qui rend compte de son utilité » (*A map is not the territory it represents, but, if correct, it has a similar structure to the territory, which accounts for its usefulness*) : A. Korzybski « *Science and sanity: an introduction to non-Aristotelian systems and general semantics* », Science Press Printing Co. : Lancaster PA, 1933, pp. 747-761.

tement, en médecine, en l'absence de théorie unificatrice, la construction d'un modèle peut suivre deux chemins : mécanistique ou statistique.

Dans le premier cas, une loi est choisie pour décrire le phénomène à prédire, par exemple à l'aide d'équations aux dérivées partielles rendant compte d'un système dynamique, comme en physique ou en chimie⁹. Ces modèles mécanistiques sont rares en médecine car les lois elles-mêmes sont rares : quelques cas sont connus en physiologie, en biologie du développement ou en épidémiologie, mais ce sont des exceptions¹⁰. Dans le cas des modèles statistiques, la démarche de prédiction part d'un jeu de données, parfois massif, et y recherche des tendances, par exemple par des méthodes de régression. Le choix du modèle est ici celui du type de traitement des données, et non du mécanisme sous-jacent au processus¹¹.

La plupart des modèles prédictifs en médecine étant des modèles statistiques, la donnée de santé apparaît comme la matière première critique de toute démarche dans ce domaine¹². Construire de grandes bases de données pour alimenter ces modèles prédictifs soulève des questions scientifiques, techniques, mais également politiques, à chaque étape de la chaîne que représente ce processus : collection, contrôle de la qualité, hébergement, mise à disposition et partage. Ce besoin de données lie ainsi une démarche motivée

9 Formulation d'une loi générale rendant compte de l'apparition spontanée de formes géométriques à partir d'un mélange homogène de molécules ayant des propriétés spécifiques d'activation et d'inhibition, et soumis à des perturbations mineures aléatoires, par un mécanisme de réaction & diffusion : Alan Turing, « *The chemical basis of morphogenesis* », *Phil Trans Roy Soc*, London B 1952, n°237, pp. 37-72.

10 Equations de Lotka-Volterra rendant compte de la dynamique d'un système prédateur-proie : Alfred J. Lotka, *Elements of physical biology*, Williams & Wilkins, Baltimore, (États-Unis), 1925. Et aussi, Volterra V., « *Variazioni e fluttuazioni del numero d'individui in specie animali conviventi* », *Mem Acad Lincei*, Roma, 1926, N°2, pp. 31-113.

11 Même si le choix d'une méthode de traitement des données peut impliquer un arbitrage sur les mécanismes sous-jacents, comme dans le cas de la modélisation de la croissance craniofaciale sur la base de données hétérogènes et non-indépendantes.

12 Sur l'importance de la donnée de santé dans la construction de jumeaux numériques : Soudoplatoff S., « *Le jumeau numérique en santé* », *Fondation pour l'innovation politique*, 2023 - <https://www.fondapol.org/etude/le-jumeau-numerique-en-sante/>

par le savoir et la science à des enjeux de société qui sont, soit modérément structurants, comme les réflexions sur la protection de la vie privée et la valorisation, soit bloquants, comme les interrogations sur la souveraineté et la notion de donnée sensible.

Les jumeaux numériques

Le terme contemporain pour désigner les modèles multi-échelles du corps humain normal et/ou pathologique est « jumeau numérique ». Le jumeau numérique est un objet virtuel qui duplique une fonction, un organe ou même un organisme, et remplace le réel dans une démarche expérimentale¹³ ou prédictive. Pour être plus précis, la différence entre un jumeau numérique et un modèle résiderait dans la possibilité constante d'inclure des données dans le modèle et de le modifier, en prenant en compte par exemple l'évolution de l'environnement ou la croissance¹⁴. Dans cette acception,

les modèles de type jumeau numérique sont particulièrement pertinents pour la pédiatrie. Leur analogie avec les jumeaux au sens biologique n'est pas très heureuse car elle n'a pas de signification plus intéressante que celle d'une notion de « copie conforme ».

“ Un jumeau numérique est plus proche, sur le plan conceptuel, d'un schéma, d'une ombre ou d'une silhouette. ”

En effet, la formation des jumeaux biologiques n'implique en rien une étape de réduction

correspondant à la démarche de modélisation, au cœur de la création d'un jumeau numérique. Par ailleurs, la distinction entre « vrais »

13 Nombreux exemples d'applications en cardiologie et en oncologie, avec notamment des références d'expériences pharmacologiques in silico : Laubenbacher R et al., « Digital twins in medicine », *Nat Comput Sci*, 2024, n°4, pp. 184-191.

14 Wright L et al., « How to tell the difference between a model and a digital twin », *Adv Model Simul Eng Sci*, 2020, n°7, p. 13.

(homozygotes) et « faux » (hétérozygotes) jumeaux n'a pas d'équivalent dans le domaine de la modélisation. Un jumeau numérique est ainsi plus proche, sur le plan conceptuel, d'un schéma, d'une ombre ou d'une silhouette – en clair, d'un objet issu d'une démarche impliquant une force extérieure qui sélectionne des paramètres d'intérêt sur la base de critères subjectifs (schéma) ou physiques (ombre, silhouette), tout en causant de prévisibles mais d'inévitables déformations¹⁵.

Le domaine des jumeaux numériques est porteur en médecine prédictive. Sur le plan institutionnel, des efforts importants ont été déployés pour le promouvoir, avec des consortiums copieusement financés impliquant des acteurs publics et privés, témoignant de la prise de conscience à de hauts niveaux de responsabilité du caractère stratégique de ces objets digitaux¹⁶. La notion de jumeau numérique ne présage pas du choix d'un arsenal théorique spécifique et n'est pas plus précise que la notion générale de modèle ouvert appliquée au corps humain. Deux cas d'usage vont permettre de délimiter ce que peut représenter un tel objet.

Les jumeaux numériques craniofaciaux : cas d'usage

La chirurgie craniofaciale est la branche de la médecine dédiée à la correction des malformations touchant à la fois la boîte crânienne et le visage, comme les faciocraniosténoses ou les fentes faciales. Les pionniers de cette discipline, comme Paul Tessier, ont développé des techniques chirurgicales audacieuses à une période (les années 1970) où la pratique des soins comprenait une part inhérente d'expérimentation¹⁷. La chirurgie a aujourd'hui atteint un très haut

.....
15 Korzybski, *op. cit.*

16 Exemple de jumeau numérique auquel contribue une entreprise française (Dassault Systèmes) au premier plan international dans ce domaine : M. Peirlinck et al., « Precision medicine in human heart modeling: perspectives, challenges, and opportunities », *Biomech Model Mechanobiol*, n° 20, 2021, pp. 803-831.

17 D. Marchac et al., « Midface surgery from Tessier to distraction », *Childs Nerv Syst*, 1999, n°15, pp. 681-94.

niveau d'efficacité et les marges de progression sont de plus en plus faibles, ne permettant pas d'imposer aux patients des choix intuitifs potentiellement désastreux. Dans ce contexte, le développement de jumeaux numériques est important pour l'évolution de la qualité des soins.

La chirurgie craniofaciale est surtout pédiatrique : la démarche de modélisation doit prendre en compte les modifications de forme et de fonction au moment de l'intervention, mais également estimer la croissance post-opératoire. La croissance craniofaciale est un domaine où les théories sont nombreuses, souvent contradictoires, et les données plutôt rares¹⁸. Parmi toutes les théories inclusives de la croissance craniofaciale, l'hypothèse des matrices fonctionnelles forme l'une des bases les plus intéressantes pour la construction d'un jumeau numérique.

Cette hypothèse, formulée par Melvin Moss à la fin des années 1960¹⁹, propose un lien fort entre la formation du squelette craniofacial et les tissus mous qui entourent les pièces squelettiques : ainsi l'expansion massive du cerveau durant la première année de vie modèle la forme de la voûte crânienne, l'augmentation de volume des globes oculaires permet la croissance des orbites, et la croissance de la langue guide l'allongement de la mandibule. L'hypothèse de Moss est séduisante car chacun de ces modules peut bénéficier d'une approche de modélisation de type jumeau numérique, avec la prise en compte d'un jeu de données spécifiques : dynamique de l'augmentation de volume du cerveau, courbes d'expansion des globes oculaires, relevé de la croissance de la langue et de sa projection.

Dans un second temps, ces modules peuvent être intégrés dans un jumeau numérique général de la tête et du cou avec la prise

18 J. Bouaoud et al., « Croissance craniofaciale », *EMC – Odontologie*, 2019, 28-020-H-05.

19 M.L. Moss, « *The functional matrix* », in B. Kraus et al., *Vistas in orthodontics*, Lea & Febiger, Philadelphia, 1962, pp. 85-98.

en compte de leurs interactions, liées aux complémentarités des fonctions et à la proximité anatomique des structures dans le massif craniofacial²⁰. En effet, ces modules fonctionnels présentent des zones de contact, qui leur imposent des interactions lors de leur croissance spécifique. Ces imbrications anatomiques et fonctionnelles sont des défis de modélisation stimulants et justifient une approche en deux temps : modulaire, puis intégrée.

“ La construction des modèles numériques, déjà riche en défis techniques, dépend ainsi de la disponibilité de données de grand volume et de bonne qualité. ”

Une étape supplémentaire dans la construction du jumeau numérique serait d'attribuer des propriétés physiques à ces modules, d'ordre biomécanique, afin de pouvoir simuler les effets de la chirurgie. Le module fonctionnel de la voûte crânienne a presque atteint, d'après les dernières publications dans ce domaine, un tel niveau d'avancement, combinant géométrie et mécanique : sa « découpe » selon diverses lignes d'ostéotomie permet de prédire les effets morphologiques de diverses approches techniques dans le traitement des malformations craniofaciales.

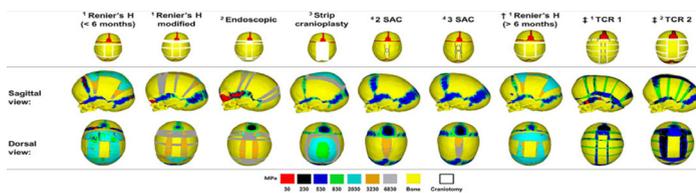
Par exemple, la Figure n°1, ci-dessous, présente 9 découpes testées avec croissance post-opératoire *in silico* durant 5 ans et comparaison avec les données de vie réelle, qui confirment une bonne correspondance morphologique.

À noter que la pertinence clinique réelle de ces jumeaux sera atteinte quand les résultats morphologiques seront associés à des données fonctionnelles (bilan neuropsychologique dans le cas de la chirurgie craniofaciale). La construction des modèles numériques, déjà riche en défis techniques, dépend ainsi de la disponibilité de

20 La prise en compte des interactions entre matrices fonctionnelles a été formalisée sous le nom de principe des contreparties d'Enlow (*Enlow's counterpart principle*) : DH. Enlow *et al.*, *Essentials of facial growth*, WB Saunders Company, Philadelphia PA, 1996, 318 p.

données de grand volume et de bonne qualité. À noter ici que les données disponibles pour la construction des jumeaux numériques craniofaciaux sont exclusivement des données de vie réelle rétrospectives et hétérogènes. Lors de la conception de jumeaux numériques, la situation la plus fréquente est un jeu hétérogène de données non indépendantes, c'est-à-dire que plusieurs échantillons sont disponibles pour plusieurs individus d'une même cohorte, prélevés à des intervalles non contrôlés.

Ce type de données nécessite un arbitrage sur les méthodes d'analyse avec des choix qui ne sont pas anodins en termes d'hypothèses mécanistiques (voir note 11) : ainsi, une hypothèse possible dans les maladies homogènes sur le plan génétique est de considérer que l'échantillonnage de plusieurs scanners à différents âges chez différents individus rend compte du parcours de croissance standard d'un individu type caractéristique de la pathologie²¹. Le recours à cette hypothèse très forte met l'accent sur les effets structurants du choix des méthodes d'analyse, même quand les modèles sont essentiellement statistiques.



¹ Adapted from the Department of Maxillofacial Surgery and Plastic Surgery, Nether - Enfants Malades University Hospital Assistance Publique - Hôpitaux de Paris School of Medicine (Paris, France)
² Adapted from the Department of Head and Neck Surgery for Children and Adolescents, University of Wisconsin and Markey (Chgoyn, France)
³ Adapted from the Cranial Craniofacial Unit, Oxford University Hospital (Oxford, UK)
⁴ Adapted from Department of Plastic Surgery, Sahlgrenska University Hospital (Gothenburg, Sweden)

1: Intervention at 6 months
 2: Intervention at 12 months

*Jumeau numérique craniofacial prédisant l'évolution de la forme du crâne sur une période de 6 ans après neuf types de cranioplasties, avec différents tracés ou pratiqués à différents âges, pour la correction de la scaphocéphalie par fusion prématurée de la suture sagittale (l'une des malformations craniofaciales les plus fréquentes)*²².

21 Exemple d'utilisation d'un modèle mixte pour prédire les effets de la chimiothérapie et de la radiothérapie sur le volume de tumeurs cérébrales à partir d'une cohorte de patients disposant de données non indépendantes et hétérogènes : Ribba et al., « A tumor growth inhibition model for low-grade glioma treated with chemotherapy or radiotherapy », *Clin Cancer Res*, 2012, n°18, pp. 5071-80. L'incorporation de données d'imagerie dans de tels modèles mixtes reste encore un défi théorique.

22 D'après Cross et al., « A computational framework to predict calvarial growth : optimizing management of sagittal craniosynostoses », *Front Bioeng Biotechnol*, 2022, n° 10, 913190.

Jumeaux numériques craniofaciaux et intelligence artificielle

Le terme d'intelligence artificielle désigne un éventail large et peu circonscrit de méthodes d'analyse de données qui consistent à reproduire certaines des capacités cognitives animales (classification ou aide à la décision par exemple)²³. Parmi ces méthodes, les approches par apprentissage profond (*deep learning*) sont très

troublantes car elles ont des propriétés génératives difficiles à anticiper et décrypter, mimant le fonctionnement du système nerveux central humain dans ses tâches considérées comme les plus élevées (création artistique par exemple)²⁴.

“ Les algorithmes d'apprentissage profond peuvent détecter des informations qui échappent à nos moyens humains de détection : des associations que nous ne percevons pas, ou des signaux faibles. ”

Le nom de « réseau de neurones » qui leur est associé se réfère à la volonté de leurs concepteurs d'imiter l'organisation des connexions neuronales du cerveau dans la manière dont circule l'information dans l'algorithme²⁵. Cette structure permet des modifications du « réseau » en fonction de ce qu'il reçoit comme informations et renvoie à la dé-

finition de jumeau numérique, avec la possibilité de transformer le modèle selon la nature du flux de données entrantes²⁶. Cependant, les algorithmes d'apprentissage profond constituent des jumeaux

23 Sur la reproduction algorithmique du fonctionnement neuronal appliquée à la vision : J. Petitot, *Neurogéométrie de la vision : modèles mathématiques et physiques des architectures fonctionnelles*, Les éditions de l'École polytechnique, Palaiseau, 2008.

24 Sur la notion de créativité – synthèse de données massives ou fulgurance ? : M. du Sautoy, *The creativity code, art and innovation at the age of AI*, Belknap Press, Cambridge MA, 2020.

25 Revue sur les principes de l'apprentissage profond : A. Fourcade et al., « Deep learning in medical image analysis: a third eye for doctors », *J Stomatol Oral Maxillofac Surg*, 2019, n° 120, pp. 279-288.

26 Wright et al., *op. cit.*

numériques « parallèles », non humains, dans le sens où ils remplissent sur demande des tâches en imitant en apparence notre fonctionnement cognitif, mais selon des logiques qui, si elles sont fondées sur des données d'entrée réelles, ne correspondent pas obligatoirement à des mécanismes neuropsychologiques naturels. C'est pour cette raison que les algorithmes d'apprentissage profond peuvent détecter des informations qui échappent à nos moyens humains de détection : des associations que nous ne percevons pas, ou des signaux faibles²⁷.

Par ailleurs, pour des raisons de technique informatique, dans le domaine de l'apprentissage profond, les étapes allant de la donnée d'entrée à la décision ne sont pas faciles à décrypter (on parle d'un effet « boîte noire »). L'exploitation pratique de phénomènes naturels dont le mécanisme est mystérieux n'a jamais été un frein pour l'homme : l'architecture et l'astronomie se sont développées avant la formulation des lois de l'attraction universelle, et l'utilisation du courant électrique a précédé la compréhension des lois de l'électrodynamique et de la mécanique quantique. Le cas de l'apprentissage profond est toutefois particulier car il s'agit d'un objet entièrement construit par l'homme dont le fonctionnement comporte une part d'inconnu : sur ce point, il représente une rupture conceptuelle avec toutes les autres approches précédentes de modélisation.

L'application de l'apprentissage profond à l'étude des malformations craniofaciales permet entre autres questions d'aborder le problème du diagnostic des syndromes rares. L'errance diagnostique est une source de mortalité et de morbidité importante pour les patients atteints de maladies rares. En France, trois millions de personnes souffrent d'une des 7 000 maladies rares identifiées. Une personne atteinte sur quatre attend plus de quatre ans le début de la recherche de son diagnostic. Une fois dans le circuit du parcours diagnostique, cette recherche dure au moins un an et demi pour

27 Sur la notion de troisième œil offert aux médecins par les algorithmes d'apprentissage profond : Fourcade et al., *J Stomatol Oral Maxillofac Surg*, 2019, n° 120, pp. 279-288.

une grande majorité de malades et dépasse cinq ans pour plus d'un quart d'entre eux. Or, 50% des patients sont des enfants de moins de cinq ans, avec des enjeux majeurs de diagnostic précoce pour leur assurer un développement normal, sans séquelles.

Ces maladies rares sont par ailleurs responsables de 10% des décès survenant entre un et cinq ans. La majorité (80%) des maladies rares sont d'origine génétique, et 30 à 40% des maladies génétiques rares présentent une anomalie craniofaciale²⁸, ce qui représente plus de 2 000 maladies différentes, parfois difficiles à identifier, même pour les spécialistes les plus expérimentés²⁹.

La compétence en dysmorphologie est rare et repose sur un savoir individuel difficile à partager, résultant de l'analyse de milliers de cas cliniques. Comme les maladies concernées sont rares, les dysmorphologistes compétents sont concentrés là où les malades convergent, dans les centres les plus spécialisés. Les algorithmes d'intelligence artificielle entraînés avec des données photographiques et cliniques sont une solution adaptée pour améliorer les performances diagnostiques de tous les centres prenant en charge des maladies rares. Le succès d'une telle approche dépend de la quantité et de la qualité des données d'entrée.

Ainsi, le projet AIDY (*Artificial Intelligence for Dysmorphology*) entre l'Institut Imagine et l'Assistance Publique – Hôpitaux de Paris, consiste à exploiter une base historique de près d'un million de photographies d'enfants présentant des maladies rares, avec pour la plupart un diagnostic d'expert ou les résultats d'investigations génétiques, afin de développer des outils d'aide à la décision³⁰.

28 Pour apprécier la diversité des malformations craniofaciales : R. Hennekam et al., *Gorlin's syndromes of the head and neck* (5^e édition), Oxford University Press, 2010.

29 ERRADIAG, l'errance diagnostique dans les maladies rares. Enquête de l'Alliance Maladies Rares, 2016. Document disponible sur : <https://www.alliance-maladies-rares.org>

30 Exemple d'utilisation d'AIDY pour l'étude d'une maladie rare craniofaciale, le syndrome Kabuki : Hennocq et al., « *Next generation phenotyping for diagnosis and phenotype-genotype correlations in Kabuki syndrome* », *Sci Rep*, 2024, n°14:2330.

AIDY est un exemple concret du jumeau numérique d'un dysmorphologue, libre de développer une expérience internationale via des projets multi-centriques, toujours disponible et facile à diffuser.

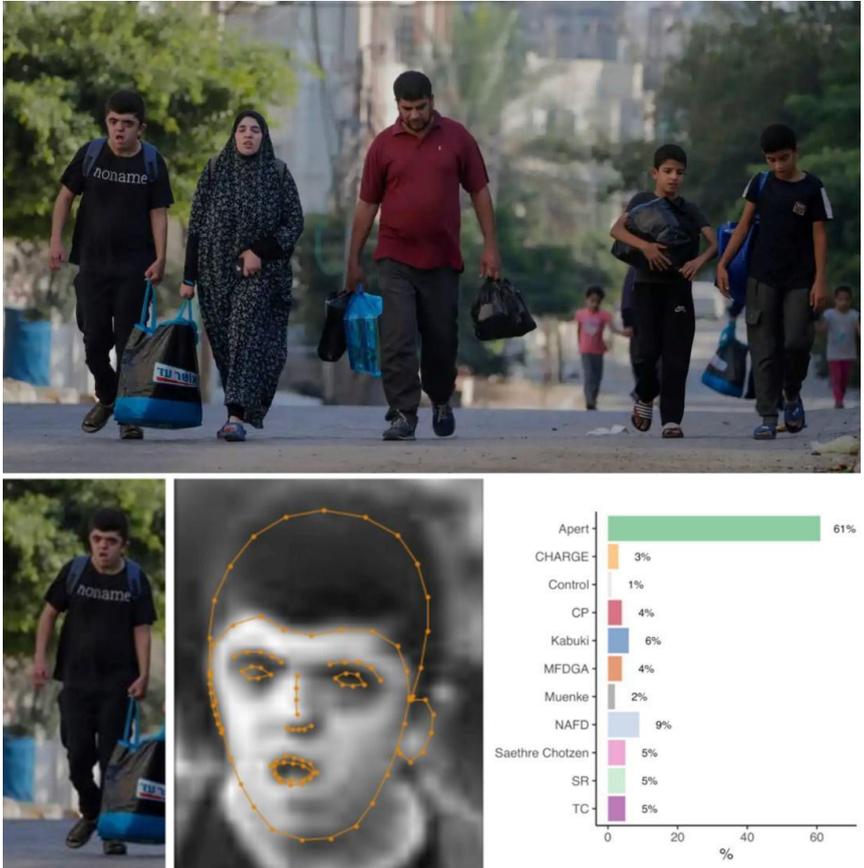
Dans ses utilisations les plus inattendues, AIDY pourrait servir à passer automatiquement en revue les images diffusées librement sur les réseaux sociaux et la presse en ligne, afin de diagnostiquer des pathologies passées inaperçues, dans le domaine des maladies rares et plus largement pour toutes les maladies avec une répercussion sur la forme du visage (comme de nombreuses atteintes endocriniennes ou cardiovasculaires par exemple).

Ce principe d'alerte automatique à grande échelle (Figure 2) s'inspire du journalisme de données (*data journalism*) et reprend des méthodes très répandues dans des sciences où l'observation continue de vastes territoires est cruciale, comme l'astronomie ou l'éthologie, et où des amateurs formés jouent un rôle actif³¹. Une autre utilisation prometteuse d'AIDY est la génération d'images synthétiques³², avec la possibilité pour chaque syndrome rare de contrôler le sexe, l'âge, l'ethnie et, dans l'idéal, les antécédents médico-chirurgicaux. Les images synthétiques sont précieuses pour l'enseignement, mais également pour résoudre des problèmes diagnostiques dans des situations inhabituelles liées à l'âge ou à l'origine des patients.

La structuration d'un projet comme AIDY ramène cependant à des questions de société récurrentes liées au développement d'outils utilisant l'intelligence artificielle, et plus généralement à la modélisation en médecine : la protection de la vie privée, la disponibilité des bases de données et leur partage.

31 Sur le rôle des amateurs dans la collecte des données pour l'astronomie et les sciences de l'environnement : Freeman Dyson, *Imagined Worlds*, Harvard University Press, Cambridge MA, 1998.

32 Exemple de générateur de visages synthétiques de la population générale : <https://thispersondoesnotexist.com>



Identification d'un adolescent présentant un syndrome d'Apert sur une photographie diffusée par un quotidien en ligne (*The Guardian*, 15 octobre 2023), dans un reportage relatant les mouvements de population du nord vers le sud de la bande de Gaza. CP = syndrome de Crouzon-Pfeiffer ; MFDGA = dysostose mandibulofaciale type Guion-Almeida ; NAFD = dysostose acrofaciale type Nager ; SR = syndrome de Russel-Silver ; TC = syndrome de Treacher Collins. Photographie originale : Saber Nureldine, European Pressphoto Agency.³³

³³ D'après Hennocq et al., « Humanitarian facial recognition for rare craniofacial malformations », *Plast Reconstr Surg Glob Open*, 2024 ; 12-e5780.

Les politiques de la donnée

La matière première de la médecine prédictive est la donnée de santé. Si certains rares praticiens mettent encore en doute la pertinence d'une médecine fondée sur la preuve³⁴, la donnée de santé est unanimement considérée comme indispensable à la conduite de soins adaptés et au progrès. L'accès à cette donnée est encore hétérogène sur le territoire, avec des bases dispersées, soumises à des gouvernances variables, à l'interopérabilité inconstante et ne disposant pas toujours d'un contrôle qualité adapté aux questions posées. En termes de définitions, l'utilisation des données de santé pour alimenter des algorithmes de prédiction, ou construire des modèles, rentre dans le domaine de l'utilisation secondaire – l'utilisation primaire désignant l'accès aux données pour les soins apportés aux patients (consultation du dossier médical informatisé par exemple). Par ailleurs, ces données sont en grande majorité des données de vie réelle, ce qui soulève des problèmes spécifiques de qualité et de choix de méthodes d'analyse.

Où se trouve la donnée ?

La France dispose de plusieurs sources de données structurées pour leur utilisation secondaire. L'une de nos bases les plus emblématiques est le Système national des données de santé (SNDS), dont la base principale (BP) est médico-administrative et gérée par la Caisse natio-

34 Ainsi, dans le rapport soumis en 2020 par Didier Raoult à la Commission d'enquête du Sénat sur l'évaluation des politiques publiques face aux pandémies à la lumière de la crise sanitaire de la Covid-19 et de sa gestion (<https://www.mediterranee-infection.com>), peut-on lire :

à propos de la randomisation : « Les méthodes ne sont que des théories scientifiques comme les autres » ;

à propos des études menées à partir des entrepôts de données : « [...] dans les éléments observationnels, il faut différencier les études observationnelles réalisées par les praticiens, et celles directement prélevées sur des établissements de santé et leurs données informatiques. Dans ce dernier cas, les réponses sont binaires, et, donc, ne correspondent pas à la situation médicale. Par exemple, vous ne pouvez pas traiter des données comme : le patient a-t-il pris de l'Hydroxychloroquine : oui ou non ? En effet, la dose prescrite, la durée de la prescription, le suivi de la prescription, le moment où la prescription a été réalisée, sont des éléments très importants. »

La seconde citation montre une méconnaissance majeure des possibilités offertes par la réutilisation des données de santé en matière de médecine prédictive, notamment par l'exploitation du SNDS et son chaînage avec les EDS.

nale d'assurance maladie (CNAM). La BP du SNDS contient aujourd'hui des données de l'Assurance maladie (base SNIIRAM, qui enregistre par exemple la consommation des médicaments remboursés), des données hospitalières (bases PMSI, qui répertorient par exemples les actes codés), les causes médicales de décès (base CépiDC de l'Inserm). Cette base est très riche, car la quasi-totalité des Français bénéficie de la protection de la CNAM. Elle est en revanche limitée par nature, car elle ne contient pas toujours d'informations directes sur le diagnostic, par exemple quand le patient consulte son médecin traitant en ville. Pour constituer une cohorte d'une pathologie donnée à partir du SNDS, il faut par conséquent développer des algorithmes dédiés qui opèrent des recoupements entre données dans la base pour établir des profils de patients présentant très probablement la pathologie d'intérêt.

L'accès aux données du SNDS n'est autorisé que pour des finalités d'intérêt public (recherche, innovation par exemple). Il est d'abord soumis à l'approbation du Comité éthique et scientifique pour les recherches, les études et les évaluations dans le domaine de la santé (CESREES), puis à l'autorisation de la Commission nationale de l'informatique et des libertés (CNIL). Certains organismes comme l'Inserm et tous les Centres hospitaliers universitaires (CHU) possèdent cependant un accès permanent au SNDS, qui permet d'extraire des données agrégées et anonymisées et des données personnelles pseudonymisées, dans un périmètre restreint, à la demande des praticiens et des chercheurs, sans autorisation préalable du CNIL et du CESREES.

D'autres sources de données d'intérêt majeur ont une structuration moins avancée que le SNDS à l'échelle du territoire. Parmi elles, les entrepôts de données hospitaliers³⁵ sont actuellement gérés par les établissements de santé eux-mêmes, parfois regroupés en consortiums, et contiennent des données complémentaires à celles du SNDS (par exemple, résultats des examens radiologiques, données biolo-

35 La Haute Autorité de Santé définit les Entrepôts de Données de Santé comme « la mise en commun des données d'un ou plusieurs systèmes d'information médicaux, sous un format homogène pour des réutilisations à des fins de pilotage, de recherche ou dans le cadre des soins » (<https://www.has-sante.fr>)

giques). Des initiatives à grande échelle avec des financements publics importants tentent aujourd'hui d'uniformiser leur gouvernance, assurer leur interopérabilité et sécuriser leurs plans de financement³⁶. Les cohortes et les registres sont également des sources importantes de

données, avec une hétérogénéité majeure dans leurs dimensions et les doctrines déterminant leurs modalités d'accès.

Enfin, des bases liées à des domaines spécifiques de soins sont disponibles, ou en cours de constitution, pour utilisation secondaire, comme Unibase³⁷, initiative d'un regroupement de Centres de lutte contre le cancer (CLCC) impliquant 11 sur ces 18 institutions utilisant l'outil ConSoRe d'exploration de données³⁸.

Très incomplet, ce panorama permet toutefois de cerner trois questions soulevées d'emblée par les besoins de réutilisation des données de santé : leur dispersion territoriale et institutionnelle, la diversité de leurs gouvernances, notamment en termes de modalités d'accès, et leur absence d'interopérabilité à grande échelle.

“ Pour optimiser l'utilisation secondaire des données de santé pour la recherche et l'innovation, la France a fait le choix de créer une structure publique dédiée, le *Health Data Hub* ”

36 Dans le cadre de France 2030 et de la stratégie d'accélération « Santé numérique » (SA-SN) lancée en juillet 2022, appel d'offre émis par la Bpifrance : « Accompagnement et soutien à la constitution d'entrepôts de données de santé hospitaliers », suivi par un appel d'offre focalisé sur des projets mobilisant des entrepôts émis en 2023 par la Direction générale de l'offre de soins du Ministère de la santé et de la prévention : « Données de santé et Applications (DATAE) ».

37 Les objectifs d'UNIBASE sont : accélérer l'accès aux données de vie réelle à un grand nombre d'utilisateurs, agréger des données hétérogènes et les intégrer dans un modèle commun, implémenter une solution technique interopérable dans chaque centre, partager les données standardisées et de qualité & mutualiser les compétences (par exemple développer un outil unique d'extraction automatique des images ou unifier l'appariement au SNDS).

38 Pour une présentation de ConSoRe : <https://www.youtube.com/watch?v=leBXmE5Hdzc&t=4s/>

Centraliser ou fédérer ? La création du Health Data Hub³⁹

Pour optimiser l'utilisation secondaire des données de santé pour la recherche et l'innovation, la France a fait le choix de créer une structure publique dédiée, le *Health Data Hub* (HDH, ou Plateforme des Données de Santé), sous la forme d'un groupement d'intérêt public (GIP). À la suite du rapport de Cédric Villani sur l'intelligence artificielle⁴⁰, la loi actant la création du HDH a été promulguée en 2019, poursuivant les réflexions entamées en 2016 avec la création du SNDS par la loi de modernisation du système de santé⁴¹.

Le HDH est structuré autour de trois notions :

- ▶ un guichet unique clairement identifié par les porteurs de projets, qui permet une concentration des compétences techniques et réglementaires et facilite les démarches quand les données sont dispersées ;
- ▶ un espace de travail de pointe sur le plan technique et sécuritaire, sous forme de nuage (*cloud*), construit en partenariat avec le service de données de santé de Microsoft (Azure) ;
- ▶ un catalogue⁴² regroupant des bases d'intérêt majeur, pertinentes sur le plan scientifique et médical, ayant bénéficié d'un important travail de structuration, notamment en termes d'interopérabilité.

L'accès aux données individuelles de santé, et, plus généralement, la conduite de projets dans l'espace de travail opéré par le HDH,

39 Déclaration de conflit d'intérêt : l'auteur est le directeur médical du Health Data Hub, rémunéré à ce titre par ce GIP et détaché de l'AP-HP une journée par semaine dans le cadre d'une mission de service public.

40 Cédric Villani, « Donner un sens à l'intelligence artificielle (IA) », 2018, disponible sur : <https://www.aiforhumanity.fr>

41 Pour un aperçu de l'historique de la création du HDH et de ses bases institutionnelles : <https://www.health-data-hub.fr>

42 Le catalogue du SNDS comprend, entre autres bases, une copie du SNDS dit « historique » (aussi appelé « base principale ») – la CNAM gardant la cogestion de cette base, la Banque Nationale des Maladies Rares (BNDMR), ou encore diverses bases liées au COVID ou à d'autres pathologies : <https://www.health-data-hub.fr/catalogue-de-donnees/>

est soumise au double filtrage de la CNIL et du CESREES. Ce filtrage est justifié par un examen attentif de la méthodologie et des aspects éthique et sécuritaire des projets, mais induit des délais d'accès aux données qui ne sont pas compatibles avec la durée d'une thèse de sciences ou avec les contraintes de survie d'une petite entreprise en recherche d'investissements (*start-up*). La Commission de l'intelligence artificielle a ainsi récemment proposé de réformer le mandat de la CNIL pour l'orienter vers l'innovation et introduire la notion d'accès *a priori* avec sanctions *a posteriori* en cas de mésusage pour les projets d'intérêt public⁴³. Ces discussions soulignent l'intrication des enjeux scientifiques, techniques et politiques (surtout dans son sens négatif de jeu de pouvoirs) dès que des décisions s'imposent sur la gestion des données de santé. Cette dernière dimension est cependant centrale pour la réussite des projets de réutilisation des données – et partant, pour le progrès de la médecine prédictive – comme en témoignent les deux polémiques dans lesquelles a été pris le HDH depuis sa création.

La première de ces polémiques concerne la structure même du HDH : le choix de créer un organisme centralisateur, régalien, disposant également d'un rôle opérationnel en termes d'hébergement de données a été vécu comme empiétant sur leur périmètre par de nombreuses structures existantes, comme souvent lors du lancement d'initiatives transversales. Pour beaucoup d'acteurs de la donnée de santé en France, une alternative à cette approche centralisatrice aurait été l'approche fédérée, avec la création de procédures d'accès normalisées pour chaque site hébergeur et la mise à disposition par le HDH d'un catalogue de métadonnées⁴⁴. Ce HDH fédéré aurait alors exercé un rôle administratif pur en émettant des recommandations sur les modalités d'interopérabilité, ou en intervenant partiellement, aux côtés des ministères de

43 Philippe Aghion et al., *IA : Notre ambition pour la France - Travaux de la Commission de l'intelligence artificielle*, Odile Jacob, Paris, 2024.

44 C'est-à-dire d'un catalogue de données documentant les bases de données disponibles dans chaque centre du réseau fédéré.

tutelle, sur la distribution de l'argent public investi dans le soutien à la collecte et l'hébergement des données de santé.

Dans les faits, le catalogue du SNDS dans sa forme actuelle est un choix intermédiaire et raisonnable entre les approches fédérées et centralisatrices, car seule une partie très réduite, mais pertinente, de l'ensemble des données du territoire est destinée à migrer vers le nuage central, et des métadonnées à grande échelle (décrivant les EDS, registres, cohortes entre autres) seront disponibles à terme pour les utilisateurs. L'approche fédérée stricte aurait très probablement nécessité d'infinies négociations par site, avec des enjeux locaux de partage qu'il ne semblait pas, lors de la création du HDH, raisonnablement possible de résoudre dans une perspective de trois à cinq ans. Cette approche fédérée stricte est néanmoins toujours promue par de nombreux CHU par exemple, qui ne veulent pas perdre le contrôle total de l'accès aux données de leur EDS.

En effet, lorsque des données sont hébergées au sein du catalogue du SNDS, un accès par projet peut être accordé par la CNIL et le CESREES sans autorisation préalable de la structure à l'origine de la base, si les critères de sécurité et d'intérêt public sont réunis. Ce principe semble juste car l'ensemble de ces données dispersées sur le territoire sont collectées et hébergées en très grande majorité avec de l'argent public ; mais la perte de contrôle sur l'accès, même très partielle, est source de crispations, souvent légitimes ou au moins compréhensibles, compte tenu des contraintes locales, notamment budgétaires⁴⁵.

.....

45 Les considérations budgétaires liées à la pérennisation des EDS, mais également des registres et des cohortes, amènent à la question de la valorisation des données. Le sujet est épineux et clivant sur les plans conceptuel, juridique et pratique, mais dans une situation idéale, la « taxe » pour accéder aux données devrait être symbolique pour les projets d'intérêt général (notion déterminée par le CESREES), avec en arrière-plan un soutien étatique solide vers les structures elles-mêmes (EDS, registres, cohortes) afin de leur permettre d'échapper à la spirale néfaste de la construction de plans de financement, souvent très difficiles à mettre en place. Tout comme le SNDS, l'ensemble des structures hébergeant des données de santé de qualité devraient être considérées comme des structures d'intérêt public et financées en conséquence. La résolution de cette question financière semble être le levier le plus efficace pour lever les freins actuels au partage des données.

La seconde polémique concerne les modalités d'hébergement du nuage du HDH. Le choix d'Azure en 2019 était fondé sur un état des lieux qui positionnait Microsoft comme l'acteur le plus solide sur le plan technologique et sécuritaire⁴⁶. Depuis, ce choix a été discuté au niveau politique à de nombreuses reprises, sur la base de la nécessité du maintien de la souveraineté numérique⁴⁷.

Héberger : qu'est-ce que la souveraineté ?

La souveraineté numérique est une notion problématique, aussi bien dans sa définition que dans son concept. Dans le domaine des nuages, pour résoudre la question de manière partielle mais formelle, deux labels de garantie français ont été créés ces dix dernières années :

- ▶ un premier référentiel a été lancé en 2018 par l'Agence du numérique en santé et révisé en 2023 : Hébergeur de Données de Santé (HDS)⁴⁸, avec un cahier des charges qui assure le caractère national ou européen de la plupart des composantes de l'hébergeur ;
- ▶ un second référentiel, élaboré en 2016 par l'Agence nationale de la sécurité des systèmes d'information (ANSSI), SecNumCloud, et dont la dernière version (v. 3.2) datant de 2022⁴⁹, propose un ensemble de règles de sécurité reflétant une bonne hygiène informatique et la protection des données en conformité avec le droit européen.

Dans la révision de 2023 du référentiel HDS, il est notamment nécessaire que « l'hébergement physique des données de santé [soit]

46 Voir par exemple les échanges à ce sujet sur le site associatif Ma Dada (<https://madada.fr>)

47 Voir exemple de questionnement politique sur les choix d'hébergement du HDH sur : <https://questions.assemblee-nationale.fr>

48 Détails de la révision 2023 du référentiel HDS : <https://technical-regulation-information-system.ec.europa.eu>

49 Dernière version 3.2 du référentiel SedNumCloud de l'ANSSI (<https://cyber.gouv.fr>)

réalisé exclusivement sur le territoire d'un pays situé au sein de l'Espace Economique Européen ». Un nuage à la fois HDS et Sec-NumCloud français présenterait ainsi des garanties combinées de souveraineté et de sécurité. Plus précisément, en termes de sécurité, même si le débat juridique reste très technique, les risques réels d'un hébergement de type Azure – non souverain – pour des données de santé chiffrées de la population française sont très faibles⁵⁰, bien plus faibles dans les faits que les risques de piratage des EDS ou des systèmes d'information hospitaliers, qui peuvent contenir, à la différence du HDH, des données directement identifiantes des patients⁵¹.

“ En termes de sécurité, même si le débat juridique reste très technique, les risques réels d'un hébergement de type Azure – non souverain – pour des données de santé chiffrées de la population française sont très faibles. ”

Dans ce contexte de demande politique et populaire d'hébergement souverain, le HDH a pris acte de la nécessité d'une migration vers une solution dont le bénéfice principal réel serait une plus claire acceptation publique de l'institution, en

travaillant sur des études de réversibilité vers d'autres nuages⁵², comme suggéré par un récent rapport interministériel intitulé « Fédérer les acteurs de l'écosystème pour libérer l'utilisation secondaire

50 Le cœur des interrogations sur les dangers de l'hébergement Azure est le *Cloud Act* américain (<https://www.congress.gov>) dont l'application ne peut être formellement exclue mais qui donnerait accès, s'il était utilisé par les Etats-Unis, à des données chiffrées présentant un intérêt très faible qui ne justifierait pas les efforts nécessaires à leur déchiffrement.

51 Les mesures de sécurité organisationnelles et techniques du HDH sont maximales : chiffrement des données stockées, segmentation des droits d'opération avec opération exclusive de la plateforme par les opérateurs du HDH, gestion sécurisée des comptes et des permissions, mise à disposition d'un espace de travail sécurisé, utilisation de briques techniques de sécurité, analyse des traces avec enregistrement de toutes les actions réalisées sur la plateforme, hébergement en Union Européenne dans les centres de données Microsoft des Pays-Bas certifiés HDS.

52 Discussion sur les études de réversibilité du HDH (<https://madada.fr>)

des données de santé »⁵³. Dans l'intervalle précédant ce transfert, la possibilité de travailler avec l'hébergeur actuel a récemment été confirmée par la CNIL pour une durée de trois ans ; la CNIL a souligné l'importance d'un projet de migration, tout en validant le caractère sécurisé d'Azure, dans le cadre d'un projet porté par l'Agence européenne du médicament (EMA) et impliquant notamment des données du SNDS⁵⁴. Le changement d'hébergeur sera ainsi très certainement effectué lorsque des initiatives considérées souveraines, comme le consortium Bleu⁵⁵, seront opérationnelles. Alors que cette manœuvre marquera la fin des polémiques sur l'hébergement du HDH, elle ne répondra pas à la question de la réalité de la souveraineté numérique.

Cette notion peut ainsi être comprise en termes de restriction de périmètre, ce qui est son acception la plus fréquente, mais également, de manière positive, en termes de rayonnement. Le caractère symbolique, si ce n'est artificiel, de la version actuellement politiquement promue de la souveraineté transparaît dans la présence forte d'acteurs décriés, non souverains, comme Microsoft, au cœur même des solutions souveraines de demain comme Bleu, offrant certes des garanties de sécurité majeures (versant restrictif de la souveraineté), sans prise de conscience de la force que représente cette présence persistante des États-Unis en termes de stratégie d'influence et de constance dans la perte réelle de souveraineté. La souveraineté numérique de rayonnement, positive, consisterait à travailler de manière fédérée, en utilisant éventuellement des solutions non souveraines avec pragmatisme, pour contribuer activement à l'avancée de la science et au progrès de la médecine et

53 Rapport interministériel piloté par Jérôme Marchand-Arvier (<https://sante.gouv.fr>)

54 Rapport présenté à la CNIL concernant l'hébergement du projet EMC2 porté par l'EMA, et qui a débouché sur une autorisation : (1) étude d'hébergement : <https://esante.gouv.fr> ; (2) autorisation de la CNIL : <https://www.legifrance.gouv.fr>

55 Bleu est défini sur son site selon les termes : 'Bleu est une entreprise de services cloud, française, indépendante, fondée par Caggemini et Orange. Notre proposition : offrir la suite de collaboration et de productivité Microsoft 365, ainsi que les services Microsoft Azure, dans un cloud français sécurisé, ayant vocation à obtenir la qualification SecNumCloud 3.2 de l'ANSSI. Voir : <https://www.bleucloud.fr>

en positionnant dès aujourd'hui notre pays dans ce mouvement. Connaissant la richesse de son patrimoine de données, héritière de notre système de santé publique et centralisé, une France confiante et ouverte a un rôle majeur à jouer dans le futur de la médecine prédictive, sous réserve d'une transformation de notre conception de la souveraineté numérique.

Conclusion et perspectives

La construction d'outils de médecine prédictive soulève des enjeux techniques, scientifiques et politiques. Tout comme le travail des physiciens des particules dépend de décisions politiques en raison des investissements matériels colossaux⁵⁶, la prédiction rationnelle fondée sur des données massives est également sous le contrôle de décideurs dont les motivations ne sont pas systématiquement en adéquation avec les demandes de la science et de la médecine en marche. Cette incertitude institutionnelle ne minimise pas l'espoir majeur que représente le développement, dans un futur proche, de jumeaux numériques descriptifs et interactifs, qui seront les compagnons des praticiens dans le dialogue avec les patients, la préparation des plans de traitement, le suivi et la formation.

En chirurgie craniofaciale, les interventions sont lourdes et dangereuses, pratiquées chez des enfants très petits. La prédiction des histoires naturelles individuelles en fonction de marqueurs précoces est un défi majeur qui repose sur la construction de modèles agrégeant des quantités massives de données. L'application de ces modèles à la pédiatrie soulève la question de la croissance, qui complique la démarche prédictive, d'autant plus que les trajectoires de croissance sont elles-mêmes perturbées par les maladies associées

.....
56 L'Organisation européenne pour la recherche nucléaire (ou CERN), le plus grand laboratoire de physique des particules au monde situé en Suisse près de Genève, disposait d'un budget de 1,405 milliards de francs suisses en 2022 (soit près de 1,5 milliard d'euros).

aux malformations craniofaciales⁵⁷. Pour transformer la prise en charge de ces patients avec des outils numériques, les chirurgiens devront travailler avec des mathématiciens et des ingénieurs pour concevoir des outils prédictifs performants⁵⁸, et bénéficier d'un soutien politique important pour lever les freins actuels pesant sur la réutilisation optimale des données de santé.

57 Par exemple, de nombreuses malformations craniofaciales surviennent dans le cadre de maladies osseuses congénitales qui perturbent l'ensemble des processus de croissance des tissus minéralisés (exemple : mutations activatrices des gènes *FGFR* causant les faciocraniosténoses et les ostéochondrodysplasies, associant malformations du crâne et anomalies osseuses autres des membres et/ou du rachis).

58 Rapport publié en 2023 par le Think Tank Arts et Métiers sur le rôle des ingénieurs dans le système de santé (<https://think-tank.arts-et-metiers.fr>)

L'ÉCHEC : POURQUOI LA SCIENCE RÉUSSIT-ELLE SI BIEN ?¹

Par **Stuart Firestein**. (Traduit de l'anglais par **Pierre-Marie Lledo** et **Patrick Brunel**).



La science moderne est fondée sur des preuves expérimentales. Ce point peut sembler futile, mais il s'agit en fait d'une idée relativement récente et révolutionnaire. Les prédécesseurs de la science moderne sont nombreux : babyloniens, chinois, grecs, arabes, bien d'autres encore. Ce qui différencie notre conception actuelle de la science des leurs, c'est le fait que la nôtre repose sur l'expérimentation (la vérification et la validation de l'hypothèse par l'expérience).

Aristote, la principale autorité de la science grecque, n'a jamais conduit d'expérience. L'idée lui en aurait été totalement étrangère. Certes, les hommes ont tâtonné pendant des années, des millénaires, améliorant ça et là, petit à petit, leurs connaissances grâce à leurs essais, leurs erreurs et en sachant tirer parti de diverses pratiques, mais ils ont fait tout cela sans jamais véritablement conduire d'expériences.

1 Titre original : « Failure : why science is so successful ? »

L'idée de réaliser une expérience et d'en tirer des conclusions a été formulée pour la première fois par Francis Bacon, vers 1600. Ce scientifique a soutenu que la meilleure façon d'amener la nature à livrer ses secrets serait de la démonter, morceau par morceau, en choisissant un objet particulier et en le décortiquant – littéralement en le « torturant », c'est le mot qu'il utilise – pour qu'il livre ses secrets. L'idée était en quelque sorte contenue dans l'expression latine *caeteris paribus*, qui signifie « toutes choses égales par ailleurs ». En d'autres termes, il serait possible d'isoler un fragment de nature, de maintenir par ailleurs toutes les conditions stables, et d'observer comment ce fragment réagit, toutes choses étant égales par ailleurs. Ensuite, il s'agit de maintenir à l'état stable ce

fragment et d'examiner une autre variable. Bien qu'il s'agisse d'un idéal qui ne sera peut-être jamais complètement atteint, cette stratégie² s'est avérée très efficace, comme le montre le taux de progrès de ces dernières centaines d'années par rapport aux quelque 50 000 années précédentes, depuis que l'homme a inventé l'agriculture et l'écriture.

“ Ce sont les échecs qui donnent de la crédibilité à la science et qui garantissent son intégrité. ”

Pourquoi une telle démarche a-t-elle un lien avec la notion d'échec ? Parce que la plupart des expériences échouent ! La méthode la plus puissante et la plus révolutionnaire de la science échoue avec une régularité déconcertante. Et cela fait partie de son pouvoir : en effet, il est essentiel pour la réussite de la science qu'elle connaisse un niveau élevé d'échec. En cela, la science s'oppose fermement à toute forme d'autorité : l'Église, l'État, Aristote. Aucune autorité ne saurait être jugée suffisamment digne de confiance pour fournir des connaissances fiables sur le monde. Toutes revendiquent une

2 Que l'on nomme aujourd'hui approche réductionniste. (NdT)

sorte d'inaffabilité et refusent d'être remises en question. Si la science veut revendiquer une connaissance non fondée sur l'autorité, elle doit parallèlement renoncer à l'inaffabilité et, à l'inverse, intégrer l'échec dans sa méthode. Ce sont les échecs qui donnent de la crédibilité à la science et qui garantissent son intégrité.

Science, pseudoscience, échec

Cette crédibilité est aujourd'hui plus que jamais essentielle compte tenu du développement de la pseudoscience dans le monde, et hélas jusque dans certains milieux scientifiques. Croyances dans l'astrologie, dans l'homéopathie, adhésion au créationnisme, ce ne sont là que quelques exemples qui peuvent sembler d'inoffensives bêtises émanant de quelques marginaux, mais cela se transforme rapidement en une flopée de théories conspirationnistes qui ont toutes pour point commun la méfiance à l'égard de la science. Les « platistes », aussi stupide que leur croyance puisse être, revendiquent une démarche scientifique et affirment que la preuve de la sphéricité de la terre est le fait d'une cabale qui entend dominer le monde.

Il faudrait encore citer la méfiance envers les vaccins, le scepticisme envers le changement climatique, la crainte disproportionnée envers les OGM, les traitements de charlatans qui empêchent les gens d'être correctement soignés, la liste n'est pas exhaustive. Bien que chacune de ces pseudosciences n'ait qu'un nombre relativement limité de partisans que l'on peut rejeter comme égarés, le résultat n'en aboutit pas moins à l'idée selon laquelle la science n'est rien d'autre que ce que l'on décide qu'elle est. Et l'ironie est que ce petit nombre de personnes reconnaît la valeur de la science, sous prétexte que c'est précisément ce qu'ils font ! La moindre publicité à propos de n'importe quel produit prétend que ce qu'elle affirme est « scientifiquement prouvé » ! Ainsi, la valeur de la science est reconnue, sans qu'il soit possible d'établir la différence entre science véritable et pseudoscience.

Or, cette distinction, qui a longtemps intrigué les philosophes, peut être établie si l'on utilise l'échec comme critère. La science connaît des échecs prévisibles, raison pour laquelle elle ne cesse de se remettre en question. Même les plus grandes découvertes seront un jour dépassées par quelque chose de nouveau et de plus grand encore. La science n'échoue jamais complètement, ou d'une ma-

nière catastrophique ; elle échoue tantôt ici, tantôt là, et elle nécessite d'être révisée. Newton n'a pas réussi à expliquer la gravité, Einstein a donc révisé notre compréhension de cette force mystérieuse. Mais Newton n'avait pas tout à fait tort et ses formules restent essentielles pour lancer des satellites, construire des ponts, faire voler des avions, etc. La pseudoscience, en revanche, ne se trompe jamais et n'a jamais besoin d'être révisée.



“ Il n'existe aucune preuve que vous pourriez présenter à un créationniste qui l'amènerait à reconsidérer sa théorie et à réévaluer ses arguments. ”

Il n'existe aucune preuve que vous pourriez présenter à un créationniste qui l'amènerait à reconsidérer sa théorie et à réévaluer ses arguments. La distinction est donc claire : vous pouvez identifier la pseudoscience en demandant simplement à un de ses adeptes quel type de preuve il pourrait imaginer qui pourrait l'amener à reconsidérer sa théorie et à la réviser, voire à l'abandonner complètement³. Le fait que l'échec puisse permettre de faire clairement la distinction entre la science et la pseudoscience, est un outil précieux et indispensable à l'esprit critique. Richard Feynman a défini la science comme « une méthode pour ne pas se tromper soi-même, alors que vous êtes la personne la plus facile à tromper ».

3 Le critère de falsification est une notion importante dans la philosophie de la science, il est notamment associé au philosophe Karl Popper. Pour ce dernier, le critère de falsification signifie qu'une théorie doit être formulée de manière à pouvoir être réfutée ou invalidée par des tests empiriques. (NdT)

L'échec conduit au progrès

Une fonction encore plus importante de l'échec en science est le progrès qu'il engendre. L'échec comme source de progrès, cela peut sembler contre-intuitif. Bien sûr, on apprend de ses erreurs et ce peut être considéré comme une sorte de progrès, mais je pense qu'il s'agit là d'un sens plutôt trivial de l'échec : être utile rétrospectivement, *corriger* une erreur. En fait, l'échec devrait réellement être considéré comme une source de nouvelles connaissances. L'échec n'est pas le revers de la médaille de la réussite, l'échec et la réussite sont plutôt comme deux chevaux qui tirent un chariot dans la même direction.

Permettez-moi de développer un peu plus cette conception moins familière de l'échec. Gertrude Stein, cette écrivaine et poétesse toujours énigmatique, caractérise un véritable échec « comme n'ayant pas besoin d'excuse ; c'est une fin en soi ». Il vaut la peine de s'arrêter un instant sur cette idée et d'essayer de la comprendre.

Stein semble regretter la réponse habituelle apportée à un échec, à savoir la présentation d'excuses. L'échec est vu comme une erreur, involontaire ou inévitable, ou dû à un défaut dont vous êtes responsable et qui appelle des excuses. « Pourquoi avez-vous laissé cet échec se produire ? Ne pouviez-vous pas faire mieux que cela ? » Ou, conception peut-être moins antagoniste, mais non moins décevante, l'échec semble inévitable. « Eh bien, cela n'allait probablement pas marcher. Qu'espériez-vous ? Quelle bêtise que d'avoir même essayé ! » Et ainsi de suite. Stein, dans cette première phrase simple, identifie tout cela comme de mauvais échecs, des échecs inutiles, des échecs qui rabaissent l'échec.

Que diriez-vous plutôt d'un échec qui ne soit pas le fait de l'inaptitude, de l'inattention ou de l'incapacité ? (Même s'il est vrai que ces dernières révèlent des choses inattendues et parfois merveilleuses, mais je ne m'y fierais pas, car l'indifférence et la négligence ne peuvent pas mener bien loin). Que diriez-vous d'un véritable

échec, différent de tous les autres, de tous ceux qui appellent une excuse, alors que lui n'en a aucunement besoin ?

Quels sont donc les bons échecs ? Ceux qui n'ont pas besoin d'excuse et qui sont une fin en soi. Pas vraiment une fin au sens habituel du terme, c'est-à-dire une fin où l'on renonce à essayer autre chose. Il s'agit plutôt d'une fin qui fait surgir quelque chose de nouveau et de précieux. Quelque chose dont on puisse être fier et qui, par conséquent, ne nécessite pas de s'excuser, même si le résultat était « faux ».

De tels échecs existent-ils vraiment ? Bien sûr, il y a les erreurs dont on apprend et qui peuvent être corrigées, les échecs qui peuvent être transformés en succès. Mais j'aimerais penser que Stein voulait dire quelque chose de plus profond que cela. Qu'elle voulait vraiment parler d'un échec significatif et utile. À la limite, cela peut vouloir dire que vous pourriez ne produire que des échecs significatifs pendant toute votre vie et être quand même considéré comme ayant réussi. Ou au moins ne jamais avoir à vous excuser. Est-ce vraiment possible ? Quels sont ces échecs magiques ?

J'ai deux réponses. La première est que les échecs qui sont des fins en soi sont intéressants. Intéressant, voilà un mot à utiliser avec précaution. Facile d'emploi, mais vague et subjectif. Y-a-t-il quelque chose d'intéressant pour tout le monde ? J'en doute. Mais si nous considérons « intéressant » comme un descripteur plutôt qu'un identifiant – c'est-à-dire une qualité de quelque chose et pas nécessairement une chose particulière en soi – alors nous pouvons peut-être parvenir à mieux comprendre. Lorsqu'on a demandé à la même Gertrude Stein d'écrire un article sur la bombe atomique (peu de temps après son utilisation pendant la deuxième guerre mondiale et par là même peu de temps avant sa mort en 1946), elle a répondu que cela n'avait aucun intérêt pour elle : elle aimait les romans policiers et ce genre de littérature, mais pas les armes de destruction massive qui ne laissaient aucune trace après leur usage. On lance une bombe qui tue tout le monde et rase

tout, mais qu'est-ce qu'il peut y avoir d'intéressant à écrire sur un tel sujet ? Si rien ne subsiste et si vous restez avec ce rien, quelle importance cela a-t-il ? À l'inverse, c'est peut-être ce qui subsiste qui peut faire de quelque chose un échec intéressant. Les bons échecs, que l'on pourrait appeler les échecs « Stein », sont ceux qui laissent derrière eux un sillage de choses intéressantes : des idées, des questions, des paradoxes, des énigmes, des contradictions. Voilà donc, j'en suis à peu près sûr, un type d'échec réussi.

“ Les bons échecs, sont ceux qui laissent derrière eux un sillage de choses intéressantes : des idées, des questions, des paradoxes, des énigmes, des contradictions. ”

Voici maintenant la seconde idée. Est-ce l'échec réel qui est la fin en soi ? Ou est-ce la volonté d'échouer, l'attente de l'échec, l'acceptation de l'échec, la désirabilité de l'échec ? Pouvez-vous imaginer rendre l'échec désirable ? Pouvez-vous imaginer viser l'échec ? Pouvez-vous apprécier le fait de faire de l'échec votre objectif ? Vous le pouvez si vous prenez le mot « échec » dans son acception scientifique. Pour la science, l'échec est beaucoup plus qu'une erreur

stupide, qu'une lacune, qu'une erreur de calcul, plus même qu'une occasion de s'améliorer. L'échec n'est pas vu comme une leçon de vie. Je sais que nous pensons tous qu'un échec peut être précieux si l'on en tire des enseignements, c'est d'ailleurs ce que nous appelons « faire une expérience ». Mais qu'en est-il d'un échec qui ne vise pas à s'améliorer, d'un échec qui est vraiment *un but en soi* ?

Pris en ce sens, la quasi-totalité de la science est un échec qui représente une fin en soi. En effet, les découvertes et les faits scientifiques sont provisoires. La science est constamment en instance de révision. Elle peut être couronnée de succès pendant un certain temps ; elle peut rester couronnée de succès même après qu'il a été démontré qu'elle était erronée sur un point essentiel. Cela peut sembler étrange, mais une bonne science est rarement complètement fautive, tout comme elle n'est jamais complètement

juste. Le processus est itératif. Nous, scientifiques, allons d'échec en échec, satisfaits des résultats intermédiaires parce qu'ils fonctionnent bien et sont souvent assez proches de la réalité.

Pour être un peu moins philosophique et plus pratique (sans qu'il y ait nécessairement une différence entre ces approches), nous pouvons considérer l'échec comme un portail vers l'inconnu. Pas seulement l'inconnu, qui est le lieu des découvertes, mais l'inconnu le plus profond, *l'inconnu que nous ne connaissons pas*. C'est-à-dire ce que nous ignorons ignorer, ne savons pas que nous ne savons pas. Si la science consiste à explorer l'inconnu, alors les questions les plus pressantes concernent les choses que nous ne savons même pas que nous ne les savons pas. Comment allons-nous les atteindre, comment allons-nous découvrir ce que nous ne savons pas que nous ne savons pas ? Eh bien, il semble que l'échec soit le moyen le plus sûr d'y parvenir.

Prenons un exemple classique d'un grand échec de cette veine. Au 19^e siècle, la physique avait fait des progrès considérables en dynamique, en thermodynamique et en électrodynamique. La notion d'un éther omniprésent qui remplit l'espace et à travers lequel les ondes – électriques, gravitationnelles ou autres – se déplacent, était sous-jacente à la plupart des travaux de l'époque. En 1887, Albert Michaelson et Edward Morley ont mis sur pied une expérience visant à mesurer ce champ d'éther. Ils ont conçu un appareil permettant de mesurer la vitesse de la lumière avec une grande précision et ont ensuite émis l'hypothèse que, puisque la Terre se déplaçait dans l'éther, la lumière traversant cet éther subissait une force dans cette direction et était donc ralentie. Ils ont calculé que la différence devait être suffisamment importante pour que leur équipement puisse la détecter. Or, essai après essai, les vitesses mesurées étaient exactement les mêmes.

Il semblait que la vitesse de la lumière fût constante et qu'il n'y eût pas d'éther. Cela peut nous sembler évident aujourd'hui, mais à l'époque, on considérait que la nature avait horreur du vide et que l'espace devait être rempli d'une substance quelconque à travers laquelle les ondes

d'énergie (lumineuse, électromagnétique, gravitationnelle) pouvaient se propager. L'idée d'un vaste espace vide dépassait tout simplement l'entendement – pour ne pas dire qu'elle était un peu effrayante. Néanmoins, cet « échec » a été une découverte cruciale qui a incité Einstein à poursuivre ses idées alors non conventionnelles sur le temps et

l'espace, qui allaient devenir sa première théorie de la relativité restreinte. L'échec de Michaelson-Morely (et la constance de la vitesse de la lumière pour tous les observateurs, indépendamment de leur position ou de leur vitesse) est toujours considéré comme l'une des preuves les plus solides de la relativité restreinte. Michaelson a reçu le prix Nobel en 1907 pour ce travail – peut-être le premier prix Nobel décerné pour un échec.

“ Michaelson a reçu le prix Nobel en 1907 – peut-être le premier prix Nobel décerné pour un échec. ”

La sérendipité par l'échec

La science est parsemée de ces échecs réussis. Ils sont souvent désignés par le terme « sérendipité ». Il s'agit d'un terme couramment utilisé pour désigner une découverte accidentelle et il existe une certaine mythologie populaire selon laquelle de nombreuses avancées scientifiques sont en fait le résultat de la sérendipité, ou de découvertes accidentelles à partir d'expériences ratées.

Un grand nombre de lauréats du prix Nobel affirment, avec une modestie feinte ou sincère, que leurs découvertes sont presque entièrement dues à la sérendipité. Selon moi, c'est essentiellement faux. Concept charmant, le terme « sérendipité » a été inventé par Horace Walpole, un « homme de lettres », vers 1754. Il s'est inspiré d'un conte de fées intitulé « Les trois princes de Serendip », dans lequel trois princes de ce qui est aujourd'hui probablement le Sri Lanka ou Ceylan, voyageaient plus ou moins sans but, mais connaissaient beaucoup de surprises et vivaient de merveilleuses rencontres.

Walpole a qualifié lui-même cette légende « d'idiote », mais la sérendipité, qui décrit la chance imprévue, a acquis récemment une popularité considérable. La lecture des articles scientifiques des journaux donnerait à penser que la moitié des découvertes rapportées sont le fruit d'un heureux hasard. Parfois, il s'agit simplement d'humilité et de politesse, mais souvent je pense qu'un scientifique croit sincèrement que c'est grâce à un coup de chance décisif, voire magique, qu'il ou elle a fait une découverte, plutôt que quelqu'un d'autre tout aussi talentueux.

C'est possible, mais il est essentiel de se rappeler que, contrairement à la version de Walpole et de ses trois princes chanceux et frivoles, en science, il faut travailler pour que ces bienfaits tombent sur vous. Les avocats et les financiers ne font pas de découvertes scientifiques fortuites ; ce sont les scientifiques qui travaillent dur qui les font. Et même dans ce cas, il est rare qu'un scientifique fasse une découverte fortuite dans un domaine autre que le sien. En fait, la plupart des découvertes dites fortuites sont le fruit d'un échec. Quelque chose ne fonctionne pas comme on le pensait et le fait d'en explorer les raisons conduit à un résultat initialement inattendu et aujourd'hui surprenant. C'est l'intensité même de la recherche des raisons d'un échec qui vous oblige à reconsidérer ce que vous faites au niveau le plus élémentaire. Et plus vous échouez, plus vous devez revenir à l'essentiel, parfois en abandonnant des idées qui vous étaient chères et des concepts dont vous étiez sûrs qu'ils étaient établis au-delà de tout doute raisonnable.

Et puis, *Eureka* ! La nouvelle réponse se cache derrière tous les échecs. Cela peut ressembler à de la sérendipité, et vous pouvez vous sentir comme un prince (ou une princesse) charmé(e), mais c'est parce que vous n'avez eu de cesse d'explorer un domaine où l'inattendu remplace l'attendu. Et après tout, il y a peut-être là quelque chose de charmant !

L'un des exemples classiques de ce type de sérendipité – c'est-à-dire de sérendipité à partir d'un échec – a été la découverte du rayonnement de fond cosmologique (CMBR). Je dis « classique »

parce que c'est l'histoire d'un échec d'un an qui a abouti à l'obtention du prix Nobel. Pour résumer, Arno Penzias et Robert Wilson, deux astronomes travaillant dans les célèbres laboratoires Bell du New Jersey dans les années 1960, ont construit un nouveau radiotélescope ultrasensible pour enregistrer de faibles signaux provenant de régions éloignées de la galaxie. Mais l'instrument

était en proie à des bruits statiques, du type de ceux que l'on obtient lorsque la radio n'est pas parfaitement réglée. Ils ont envisagé toutes sortes de sources « artéfactuelles » – la ville de New York toute proche, les bombes nucléaires, les conditions météorologiques, les déjections de pigeons sur les parties extérieures de l'appareil – mais rien de tout cela ne pouvait expliquer ce bruit persistant, bien que faible. Au bout d'un an environ, ils ont été fortuitement mis en contact avec un théoricien de Princeton, Robert Dicke, qui avait prédit que ce type de bruit serait le vestige

énergétique du Big Bang à l'origine de l'univers. En fait, la découverte de ce rayonnement de fond, à bas seuil, a essentiellement démontré la véracité de la théorie du Big Bang.

“ Quelque chose ne fonctionne pas comme on le pensait et le fait d'en explorer les raisons conduit à un résultat initialement inattendu et aujourd'hui surprenant. ”

Il est important de noter que d'autres avaient fait des prédictions similaires dès la fin des années 1940, et qu'un groupe de cosmologistes russes avait obtenu un résultat semblable à peu près au même moment que Penzias et Wilson. Tout était donc prêt à se produire ; il suffisait d'un bon échec pour faire avancer les choses. Penzias et Wilson ont reçu le prix Nobel en 1978 pour avoir « découvert » le rayonnement de fond des micro-ondes. L'histoire est souvent racontée comme s'il s'agissait d'un coup de chance. Mais en réalité, de nombreux scientifiques ont travaillé intensément pendant plusieurs années pour trouver la solution, et un énorme travail de recherche avait été mené à bien, qui rendait la réponse compréhensible lorsqu'elle est finalement apparue.

Comme l'a fait remarquer Louis Pasteur (qui a lui-même bénéficié d'une « sérendipité » considérable), « le hasard favorise l'esprit préparé ». J'ajouterais un corollaire à cela : « L'échec favorise l'esprit préparé ! » Ainsi, si vous pensez que la sérendipité est un facteur important dans les découvertes scientifiques, vous devriez plutôt penser que c'est l'échec qui est l'ingrédient essentiel. La science progresse non pas grâce à une simple et charmante sérendipité, mais grâce à des accidents meurtriers et à des échecs cuisants, ainsi qu'à de nombreuses et difficiles réparations.

“ Si vous pensez que la sérendipité est un facteur important dans les découvertes scientifiques, vous devriez plutôt penser que c'est l'échec qui est l'ingrédient essentiel.”

Quel degré d'échec ?

Examinons pour finir le degré d'acceptabilité de l'échec, car je pense que nous le sous-estimons souvent. Prenons un exemple d'ordre biologique et examinons les antécédents des grands prédateurs – les grands félins, les faucons, les orques, les requins, etc. Vous pensez

peut-être qu'à chaque fois qu'ils ont faim, il leur suffit d'utiliser leurs puissants outils de prédation et d'aller chercher leur casse-croûte. Les relations entre prédateurs et proies font l'objet d'une abondante littérature et vous serez peut-être surpris d'apprendre que les grands prédateurs réussissent moins de 25 % de leurs attaques. Dans 75 % des cas, ils échouent ! Et pourtant, ce taux d'échec les place toujours au sommet de la chaîne alimentaire. Autre exemple tiré du monde biologique, le nôtre : plus de 99 % de toutes les espèces qui ont habité la terre se sont éteintes, ce qui, je pense, peut être considéré comme un échec. Elles ont peut-être réussi pendant un certain temps, mais les choses ont changé de manière imprévisible (par exemple, un astéroïde entre en collision avec la Terre) et elles se sont éteintes. Malgré ce car-

nage évolutif, une flore et une faune abondantes et très diverses peuplent la planète.

Enfin, dernier exemple, dans le domaine du sport, les meilleurs buteurs du football marquent moins d'une fois par match et, en moyenne, seulement 1 % de toutes les actions offensives et seulement environ 10 % de tous les tirs aboutissent à un but. En d'autres termes, c'est l'échec qui domine - et n'est-ce pas cela qui rend le jeu plus intéressant ?

Aller de l'avant avec l'échec

Comment pouvons-nous donner à l'échec la place qu'il mérite aujourd'hui ? Non pas comme le revers de la médaille du succès, mais aux côtés du succès, comme un second cheval tirant la charrette dans la même direction. Quand et comment reconnaître que la clé n'est pas seulement d'apprendre de nos erreurs, mais d'apprendre à *commettre* des erreurs. Des erreurs précieuses. Des échecs productifs. Comme le dit Samuel Beckett dans son avant-dernière nouvelle, *Worstword Ho (Cap au pire)* : « Jamais essayé. Jamais échoué. Essayer encore. Échouer encore. Échouer mieux ». Échouer mieux. Quelle idée ! Peut-on apprendre à mieux échouer ? Peut-on mieux enseigner l'échec pour préparer les esprits de demain ? Peut-on mieux pratiquer l'échec ? L'échec a-t-il un avenir ?

Non seulement nous pouvons faire toutes ces choses, mais il est essentiel de les faire. Sans une connaissance approfondie de l'échec en tant qu'action précieuse, productive et non catastrophique, nous confondrons régulièrement ces types d'échecs avec de simples erreurs dues à la paresse ou à l'insouciance. La science est souvent enseignée comme un arc de découvertes sans heurts – allant d'une découverte étonnante à une autre, faite par des génies qui ont eu des fulgurances de perspicacité, tous acteurs d'un récit historique mettant en scène des héros. Rien n'est plus éloigné de la vérité, que ce soit dans l'histoire ou aujourd'hui.

Le progrès et la compréhension scientifiques sont jalonnés d'échecs. La plupart d'entre eux sont non seulement nécessaires, mais d'une importance cruciale dans le processus de création. Si nous ne reconnaissons pas ces échecs, ces difficultés, ces obstacles, nous aurons demain une vision dangereuse de la science.

“ La science est souvent enseignée comme un arc de découvertes sans heurts.[...] Rien n'est plus éloigné de la vérité, que ce soit dans l'histoire ou aujourd'hui. ”

Un tel positionnement est dangereux pour deux raisons : premièrement, les jeunes étudiants qui lisent les récits de la vie des génies penseront probablement qu'il n'y a pas de place pour eux dans la Science, faute d'être des génies eux-mêmes, comme l'ont été Newton ou Einstein. Ensuite, le grand public sera beaucoup moins patient face au progrès scientifique qui n'est pas une simple histoire de réussite continue. Le

coût réel du progrès scientifique sera caché au public, c'est-à-dire à ceux-là mêmes qui le financent, et des attentes irréalistes seront encouragées, d'où l'inévitable défiance vis-à-vis de la Science.

Il est clair qu'un objectif essentiel pour l'avenir devrait être d'inclure l'échec dans les programmes d'études scientifiques. Les histoires d'échecs sont tout aussi captivantes que celles des réussites et impliquent généralement beaucoup plus de courage, d'esprit et de résilience que celles-ci. Sonder les raisons pour lesquelles les gens pensent que la chaleur est un fluide et comment, après de nombreux échecs, il a finalement été reconnu qu'elle est un mouvement - idée tout sauf intuitive - est une histoire bien plus passionnante que la simple mémorisation des trois lois de la thermodynamique. Comment savons-nous que la terre tourne et que le soleil reste immobile, tandis que le jour se transforme en nuit, puis à nouveau en jour ? Après tout, cela n'en a pas l'air. La première preuve terrestre n'a été apportée qu'en 1831 par un

jeune homme de 32 ans, Léon Foucault, qui avait abandonné ses études de médecine (c'est-à-dire qu'il avait échoué), à l'aide d'un pendule d'abord suspendu à la salle méridienne de l'Observatoire de Paris, puis au dôme du Panthéon. Beaucoup d'autres avaient échoué dans leurs tentatives de prouver que c'était l'horizon qui se levait et s'enfonçait qui créait les « levers de soleil » et les « couchers de soleil ».

La pratique scientifique elle-même doit également subir une reconfiguration fondamentale. Au niveau le plus superficiel, nous devons trouver un moyen de communiquer les résultats négatifs. Les résultats négatifs sont aussi importants que les résultats positifs, mais ils ne sont jamais ou rarement inclus dans une publication officielle. Les résultats négatifs sont le plus souvent diffusés lors de conférences ou d'autres réunions informelles. Ils ne sont ni codifiés, ni reproduits, ni soumis à l'examen critique auquel est soumis un manuscrit de résultats positifs. Pourtant, ils constituent des preuves tout aussi cruciales que les résultats positifs.

L'aspect le plus important de l'échec est qu'il peut conduire à une position plus pluraliste dans la pratique de la Science. Comme l'a fait remarquer Benjamin Franklin, sans doute le premier scientifique Nord-Américain, « l'histoire des erreurs de l'humanité, tout bien considéré, est peut-être plus précieuse et plus intéressante que celle de ses découvertes. La vérité est uniforme et étroite, mais l'erreur est infiniment diversifiée ». En d'autres termes, il y a plus de façons de « se planter » que de réussir, ce qui rend les choses beaucoup plus intéressantes. Si nous ne poursuivons que ce dont nous sommes à peu près sûrs, d'où viendront les surprises ?

Comment accepter l'échec au sein de l'*establishment* scientifique? Le *pluralisme* est une voie philosophique prometteuse. Le pluralisme était un élément important, bien que souvent négligé, de l'école américaine de philosophie connue sous le nom de Pragmatisme, développée par John Dewey, William James et Charles Peirce à la fin du 19^e siècle. Ces quelques lignes du polymathe Charles Peirce en sont peut-être la meilleure incarnation : « La

science n'est pas une chaîne de faits, aussi solide que le proverbial maillon le plus faible. Elle est plutôt comme un câble composé de nombreux fils délicats : chacun d'eux est fragile mais l'ensemble est d'une force immense. Et la perte (c'est-à-dire la défaillance) de quelques brins ici et là n'affaiblit pas la solidité totale du câble ». En d'autres termes, le pluralisme reste le moyen d'obtenir des défaillances non catastrophiques.

Cette idée de pluralisme, qui constitue un volet important et bien développé de la philosophie des Sciences, ne s'est pas vraiment infiltrée dans la pensée des scientifiques qui travaillent dans les laboratoires, les observatoires ou autres sites de terrain. Parmi les scientifiques qui ont entendu le mot, il est souvent rejeté comme une sorte de relativisme ou de subjectivisme. Il s'agit là d'un grave malentendu. Le pluralisme signifie simplement qu'il faut rechercher plusieurs voies plutôt qu'une seule idée ou stratégie. Il signifie qu'il existe de nombreuses façons de connaître le monde, même au sein de la Science. Il suffit de penser à la différence de conception de l'atome entre le chimiste de synthèse et le physicien quantique. Pour le chimiste, la seule chose qui compte est l'anneau extérieur d'électrons, considérés comme des particules chargées qui peuvent interagir avec d'autres particules chargées pour créer des liens entre elles. Pour un physicien quantique, un électron n'existe pas, c'est un nuage de probabilités.

De même, les physiciens ont renoncé à déterminer si la lumière est une particule ou une onde, et ont adopté, sans s'en rendre compte, la position pluraliste selon laquelle elle est les deux à la fois, même si cela semble contre-intuitif. Dans ces cas, le pluralisme a très bien fonctionné. Néanmoins, il reste rare en Science. En Biologie, nous pouvions jusqu'à récemment nous reposer sur le dogme central du vivant : ADN > ARN > protéine – bien que l'on ne sache pas très bien pourquoi la Science se doit de s'inscrire dans un « dogme ». L'épisode malheureux des maladies à Prions qu'ont connu nos sociétés au tournant du 21^{ème} siècle, montre qu'il n'est nul besoin d'ADN pour détenir et transmettre

de l'information, et que les protéines peuvent assurer ces mêmes fonctions sans avoir recours à l'ADN ou l'ARN.

Le pluralisme est important parce qu'il accueille l'échec comme faisant partie intrinsèquement du processus de poursuite de multiples voies qui peuvent chacune sembler, ou être en réalité, incommensurables. Cela ne doit pas être considéré comme un problème, mais plutôt comme une sorte d'épanouissement. Si nous souhaitons le pluralisme qui semble être la stratégie la plus adaptée pour continuer à améliorer le corpus de nos connaissances scientifiques (voire de toute connaissance), alors l'échec doit faire partie intégrante de la méthode. Un échec qui « n'a pas besoin d'excuse mais qui est une fin en soi ». Voilà peut-être une différence singulière et importante entre l'intelligence artificielle et l'intelligence humaine, cette dernière sachant tirer des vertus de l'échec !

Note de lecture

VALLÉE DU SILICIUM, DE ALAIN DAMASIO

Par Michel Payen



Alain Damasio est un des très grands auteurs de science-fiction. Mais c'est un auteur rare dans cette spécialité : entre ses deux immenses succès, *La Horde du Contrevent* (La Volte, 2004 ; Grand prix de l'imaginaire 2006) et *Les Furtifs* (La Volte, 2019 ; Grand prix du Meilleur livre Lire et Grand prix de l'imaginaire 2020), se sont écoulées quinze années durant lesquelles Alain Damasio a néanmoins publié, en 2009, une version remaniée de son premier roman, *La Zone du Dehors* (2001), des essais, des nouvelles, ainsi que nombre d'articles.

Vallée du silicium n'est pas un roman de science-fiction. Le livre développe sept chroniques analysant les séjours de l'auteur dans la Silicon Valley, analyses technocritiques suivies d'une nouvelle dont le titre, selon un procédé producteur de sens dont Damasio est familier, est une transformation du titre du livre qui de « Vallée du silicium » devient « Lavée du silicium ».

Le livre présente une singularité qui interpelle dès la première occurrence : la présence d'accords au féminin là où l'on attendrait le masculin en tant que forme du neutre. À notre époque où la question grammaticale de l'expression du genre et la domination du masculin sont mises en cause, Damasio choisit, pour ne pas employer les formes de l'écriture inclusive lourdes et mal lisibles, de prendre le contre-pied de l'emploi du masculin par la féminisation systématique des pluriels neutres. Ainsi, dans cette phrase où le pronom « vous » représente tous les lecteurs et toutes les lectrices, l'accord est fait au féminin : « L'ennui est votre destin précisément parce que le numérique vous a éduquées à être stimulées sans cesse ... »¹

La première des chroniques du livre porte sur le Ring d'Apple, l'immense bâtiment en forme d'anneau de 1,6 km (1 mile) de circonférence qui abrite le siège de l'entreprise à Cupertino, comté de Santa Clara, au sud de San Francisco. Le titre de ce chapitre donne le ton : « Un seul anneau pour les gouverner tous ? », sous-titre : « Sur le Ring d'Apple, le centre du monde, le technococon et la réalité mixte ».

Ce bâtiment où s'élaborent les technologies de communication destinées à ouvrir et à élargir le champ des possibles pour leurs utilisateurs est, à l'inverse, très protégé, un lieu fermé ; n'y pénètrent que les personnels autorisés qui, une fois entrés, trouvent là non seulement leur lieu de travail, mais aussi un lieu de vie à la façon des phalanstères des utopistes du XIX^e siècle.

La notion d'anneau connote l'objet fauteur d'aliénation qui asservit les citoyens, dans le roman *Les Furtifs*, citoyens qui sont contraints de porter un anneau au doigt par lequel transitent toutes leurs données personnelles permettant au pouvoir en place une maîtrise totale sur la population par l'intermédiaire des casques de réalité virtuelle qui offrent à chacun un monde conforme à ses désirs et ses

1 Alain Damasio, *Vallée du silicium*, Ch. 1, p. 29.

fantasmes, monde dans lequel se dissolvent toute pensée critique et toute velléité de revendication et de libération, ce que Damasio appelle le « technococon ».

Le dernier casque d'Apple réalise cet objet d'emprise de façon encore plus sophistiquée en complétant le « technococon » que constituent nos objets connectés et en particulier nos smartphones, objets constituant « une forme de nid numérique qui a révolutionné notre façon de faire territoire »². Mais ce « technococon » n'est pas encore assez englobant. C'est ce que réalise le nouveau casque d'Apple qui par la grâce de la réalité augmentée permet de se trouver au cœur du virtuel sans être coupé du réel. Progrès considérable par rapport au casque de réalité virtuelle qui déporte son utilisateur dans un autre environnement, tandis que ce nouveau casque rapatrie la totalité de ce qu'on est et vit : « mémoire, identités, pratiques, intimités, expériences, culture, sociabilités... »³ L'histoire de l'habitat, en tant qu'aménagement de l'espace, ainsi, progresse encore : il est passé de la grotte à la maison pilotée par la domotique et voici qu'il « sera désormais la réalité mixte »⁴.

Le chapitre suivant aborde le sujet des véhicules entièrement automatisés sous le titre : « La ville aux voitures vides » et le sous-titre : « Sur la voiture comme allégorie d'une époque, nos autonomies déléguées et la loi du moindre effort ».

Dans la vaste étendue sans relief de la Silicon Valley, où l'on a la sensation de se déplacer « sur une carte mère dans le flot d'une électricité lente »⁵, on ne peut aller d'un point à un autre qu'en voiture. « Dans une société qui entend tout dématérialiser [...] ta voiture soude ton dernier corps »⁶. Mais, même là, la matérialité

2 *Ibid.* p. 30.

3 *Ibid.* p. 34.

4 *Ibid.*

5 *Ibid.* p. 35.

6 *Ibid.* p. 38.

a perdu la partie. « L'ère de l'information a dissous nos bolides dans un trait de lumière »⁷. Voici venue la voiture autonome, celle qui nous ôte encore un peu plus de notre temps d'action, celui qui mobilise nos capacités gestuelles et cognitives. De la sorte, cette création arrive, sans qu'il soit étonnant, dans le processus anthropologique du principe du moindre effort qui sous-tend tout le marché des services. Nous attendons de ces voitures qu'elles assurent un accompagnement de tous nos besoins en déplacement sans les contraintes inhérentes : permis de conduire, acquisition, entretien, parking, etc.

Mais ce qui, au-delà du service, justifie de tels véhicules, c'est la sécurité. En excluant les défaillances humaines de la conduite, le but est de réduire, voire de supprimer, les risques d'accident. Malheureusement, les ratés technologiques existent ; et pire encore, en faisant dépendre les voitures de caméras, de capteurs et de sonars autant que d'un réseau de serveurs informatiques et de relais de communication, la porte est grande ouverte à la malveillance : sabotages et piratages déclencheront d'in vraisemblables pagailles. Et Damasio de brosse en quelques pages une fiction dystopique décrivant ces dérèglements jusqu'à la mort épouvantable du personnage qu'il met au centre et qui va périr du fait même de ces véhicules censés lui rendre la vie facile et lui apporter toute la satisfaction qu'il en attend.

Néanmoins, la perspective des immenses profits à réaliser dans la construction de ces engins lance la concurrence effrénée entre des entreprises dont seules les plus grosses se sortiront d'affaire, entretenant le cercle vicieux des inégalités qui concernera également tout le monde car seuls les plus riches auront accès à ces véhicules. Mais il sera aisé d'introduire la zizanie dans cet environnement d'automates : « Un jour, on résistera. / Pour l'instant on commande des robotaxis Cruise à San Francisco depuis le printemps 2023. Et on subit l'avenir. // Leur avenir. »⁸

7 *Ibid* p. 41.

8 *Ibid*. p. 63.

Les deux chapitres suivants abordent la question de l'altérité dans ce contexte où la technologie est omnipotente. « La ligne de coupe » et « Love me Tenderloin » ainsi que Damasio les a intitulés, montrent à quel point toutes ces technologies de la communication nous isolent et nous coupent les uns des autres en privilégiant les sens à distance (la vue et l'ouïe), en excluant les sens haptiques, séparent les corps et détruisent l'empathie. La pandémie de COVID a encore accentué le processus en ajoutant le danger de la contamination dans tout rapprochement. Soulignant l'indifférence qui accompagne la scandaleuse proximité de l'insolente prospérité des gagnants de la tech avec l'extrême misère du quartier de Tenderloin à San Francisco, au-delà des explications classiques, Damasio y voit surtout la perte du lien dans une société fragmentée et constituée d'individus segmentés où l'on a désappris à être ensemble. Dans la Villa Albertine où il a séjourné, Alain Damasio a rencontré ceux qui, malgré tout, « fabriquent des ponts – pas des murs »⁹. « Je les ai beaucoup écoutés. C'est un privilège magnifique de pouvoir se taire et d'écouter des corps présents, intelligents et généreux. Rien ne nourrit plus une pensée et un imaginaire »¹⁰.

Une immense fresque murale, dans le quartier de Tenderloin, dépeint en triptyque ce qu'est le quartier et ce qu'il pourrait devenir si tout le monde avait la possibilité d'exprimer librement sa créativité dans la réalité d'une vie sociale inclusive retrouvée, alors que, si « la solution numérique au maintien des liens interhumains »¹¹ s'inspire de la notion de communauté, la « dématérialisation constitutive des réseaux sociaux fait néanmoins office de solvant sur les solidarités de voisinage en diluant toute présence et tout vécu local commun au profit terminal d'une existence liquide qui va demeurer *remote* »¹² (à distance).

9 *Ibid.* p. 89.

10 *Ibid.* p.90.

11 *Ibid.* p. 108.

12 *Ibid.*

Cette problématique de la place du corps est développée dans la cinquième chronique intitulée « Le problème à quatre corps » et sous-titrée « Sur l'avenir de notre santé, le corps, le décorps & le raccorps... et quelques autres encore ».

Avec les objets connectés qui mesurent l'état de nos fonctions biologiques et nous disent quand et que manger, quels compléments alimentaires prendre, quand pratiquer un sport et lequel, quand dormir, etc., nous sommes sous surveillance et en dépendance. Et nous sommes aussi encore plus isolés. Car ces objets ne parlent que de notre propre personne, comme si celle-ci n'avait pas d'existence sociale : car lorsque ma montre connectée me dit d'aller au lit, elle s'adresse à moi comme à un célibataire sans famille, sans compagne, sans amis, sans personne concernée par mes comportements. D'autant que tous ces objets et les dépenses générées par leurs préconisations coûtent cher et accentuent encore les inégalités et creusent les fossés sociaux. « Il y a celles qui peuvent se surveiller et les autres sur qui personne ne veille. L'avenir radieux ? Ni la prévention ni le soin ne seront plus jamais socialisés »¹³. Et, derrière, les assurances en embuscade pour faire le tri de l'assurable intéressant ou non, et l'application de tarifs en conséquence...

Alors quid de notre corps ? C'est d'abord un corps biologique, un ensemble de fonctions vitales intégrées comme sont tous les êtres vivants. Sur ce corps premier nous en superposons un second, tout un habillage technologique qui nous distancie du premier en nous en faisant le scrutateur et le soignant obsessionnel. Il faut encore ajouter que notre culture nous a enjoint, bien avant la tech, de prendre nos distances avec notre corps premier tellement dégoûtant avec toute sa morbidité. Nous l'avons alors civilisé, « hygiénisé », encadré et protégé des contacts et des contaminations, placé dans un environnement lissé et aseptisé, pour ne plus le sentir dans sa vitalité première. Ce troisième corps, refoulement du corps originel, nous l'avons créé de concert avec la société qui

.....
¹³ *Ibid.* p. 132.

va avec, comme son décor. Ce troisième corps est un « décorps ». Pour autant, le premier corps ne cesse de se rebiffer : « Tout fait symptôme du corps refoulé, tout fait retour : l'anorexie comme l'obésité, le jogging et le fitness, le yoga, la cuisine, le chemsex, les sports extrêmes, le business du bien-être, le bio ... L'art contemporain hurle de l'appel au corps, de son rappel, de sa primauté. »¹⁴

C'est qu'il faut penser un quatrième corps, un corps de l'ombre et de la profondeur, « un champ de force comprimé dans une boîte noire qui serait aussi une boîte de vitesse, un embrayeur. Ça produit des effets sans prévenir »¹⁵. Le vivant se manifeste toujours d'une façon ou d'une autre. Des millions d'années d'évolution ont mis au point une puissance vitale que nos enveloppes urbanistiques et technologiques ne peuvent contenir, d'où le rêve de se débarrasser définitivement du corps. Mais cela signifie la disparition de l'espèce humaine. Et, dit Damasio : « Je veux croire que le vitalisme l'emportera toujours. »¹⁶ Le métavers est déjà dépassé. Le tout machine et le totalement virtuel sont *has been*. La réalité tient bon et le premier corps résiste.

Mais comment accorder (mettre en « accorps ») la tech, l'humain et son environnement vital ? C'est le sujet de la sixième chronique du livre : « Trouvère > Portrait du programmeur en artiste », « Sur l'Intelligence Amie, la technologie qui émancipe et l'art de vivre avec nos machines ». En rapportant sa rencontre avec un virtuose du développement informatique, Damasio conçoit qu'il est possible que « l'IA » se fasse amicale et que d'artificielle, elle devienne amie. Pour cet artiste de la programmation numérique, machines et code ne sont que des outils dont il faut apprendre à se servir pour ne pas en devenir tributaire, mais au contraire pour en faire des prolongements de soi et des extensions de sa propre créativité. Ainsi, nulle crainte d'un avenir porteur d'un conflit humain/machines comme

14 *Ibid.* p. 146.

15 *Ibid.* p. 149.

16 *Ibid.* p. 160.

nombre de fictions l'imaginent avec des « Terminators » venus du futur pour tenter de modifier l'Histoire, en supprimant des causes pour changer leur enchaînement.

C'est affaire de langage. La programmation, le développement ou le codage, puisque ces trois mots disent ce qu'il faut faire pour que la machine réalise ce que l'on a projeté, supposent la maîtrise de langages que la machine « comprend », entendez : capables de mettre au travail des composants électroniques (voire, peut-être, un jour, quantiques...) qui vont réaliser des tâches reposant sur des calculs et selon des logiques ayant une finalité. Comme toutes les langues, ces langages de programmation ont un vocabulaire et une syntaxe. Une assez bonne maîtrise des mathématiques y est bienvenue. En intelligence artificielle, le calcul matriciel, les statistiques et les probabilités, par exemple, sont indispensables pour analyser l'énormité des data et organiser leur chaos brut.

Mais comme pour tout langage, ce qu'il produit dépend de celui qui le manie, de l'utilisateur de base jusqu'au poète. « On reconnaît volontiers un artiste à la manière dont il évoque sa matière première, puis la malaxe. Le talent se devine lorsqu'on éprouve à quel point la synesthésie infuse dans la façon dont il [en] parle »¹⁷. Cet artiste, Alain Damasio l'a rencontré à San Francisco. Il l'appelle Grégory Renard. C'est un programmeur qui « se définit comme un entrepreneur-chercheur dont l'expertise fondamentale est le NLP, *Natural Language Processing* ou Traitement automatique du Langage Naturel, en français »¹⁸. Le langage, en effet, reste « le seul moyen réellement intelligent d'accéder au cerveau humain et d'interagir avec lui [...] Bref ... de discuter ! »¹⁹.

De plus, Gregory Renard fait travailler ensemble plusieurs IA et plusieurs *bots* usant du collectif et non en cherchant le code dominant

17 *Ibid.* p. 166.

18 *Ibid.* p. 169.

19 *Ibid.* p. 172.

ou le plus efficace. « À la lumière d'une méthode se trahit toujours une vision du monde »²⁰. D'ailleurs Gregory est non seulement un fédérateur d'outils, mais il travaille aussi à protéger la démocratie du cancer de tout ce que propage la propagande d'extrême droite quand « IA » pourrait être l'acronyme « d'Injection d'Aggression » ; et plus encore, « Greg » développe le projet d'enseigner les valeurs humaines à une machine afin de l'entraîner à détecter sur les réseaux, voire dans des documents internes d'entreprises, leur prégnance ou leur absence. « La fameuse Responsabilité Sociétale des Entreprises y trouvera une forme d'évaluation »²¹.

Ainsi se dessine un avenir pour l'IA qui pourra devenir une Intelligence Amie, « My IA, Myia », une IA bienveillante et protectrice. Mais il ne faut pas tomber en dépendance. La machine et ce qui la guide doivent rester des outils dont il faut s'assurer la maîtrise. Comme le fait Greg. Mais, peut-être n'est-ce pas à la portée de tous...

Pour Grégory Renard, l'époque que nous vivons est extraordinaire. [...] Là où effondrement et déclin règnent sur nos imaginaires français, lui qui évolue au cœur du monde qui se fait est en train de fabriquer les technologies qui pourraient réinventer nos relations à l'information, aux machines et à nous-mêmes. [...]

*Cette chronique est pour lui – et pour toutes les machines de dialogue qui seraient un jour capables de ça – agrandir un peu les fenêtres par lesquelles nous jetons un regard sur nos mondes. Je ne me fais guère d'illusions : rares sont les Renard [...]*²²

Enfin, la dernière chronique est une réflexion sur puissance et pouvoir : « Pouvoir ou puissance ? Sur la technologie comme économie

20 *Ibid.* p. 173.

21 *Ibid.* p. 174.

22 *Ibid.* p. 197.

de désirs, le biopunk face au cyberpunk, le combat subtil des imaginaires et l'éducation qui peut nous libérer ».

Comme Nietzsche distinguait outil et système, ce qui prolonge nos capacités et nous donne la maîtrise de notre environnement, et ce qui, à l'inverse, nous emprisonne et nous aliène, il nous faut distinguer pouvoir et puissance, cette dernière étant la capacité à faire tandis que l'autre n'est que volonté de faire faire. Or ce qu'ont fait les entreprises de la tech c'est précisément nous déposséder de notre capacité à faire par l'imposition de l'usage de machines séduisantes qui viennent succéder de façon « soft » aux serfs et aux esclaves. C'est une « machination » au double sens de réduction à la machine et de complot. « La Machination nous a hominisés, continûment, sans vraiment nous humaniser. Elle nous a donné le pouvoir – tout en nous retirant nos puissances »²³.

*Si le transhumanisme croit qu'il manque à l'homme quelque chose que seule la technologie peut lui apporter, j'ai la tranquille et furieuse conviction que l'être humain a en lui absolument tout ce dont il a besoin pour une vie pleine*²⁴.

Mais notre paresse, le principe du moindre effort, notre tendance à la satisfaction de nos désirs *hic et nunc*, nous conduisent à créer des objets tels qu'on peut se laisser aller à se mettre sous leur emprise et à en accepter la domination, tout en faisant semblant de croire à leur innocuité, ce qui est plus que de la naïveté : « C'est une faute politique »²⁵.

Ce qui est en jeu, c'est le futur. C'est le sujet sur lequel les leaders de la Silicon Valley et les auteurs de science-fiction se croisent avec des polarités inverses, les premiers construisant le futur au présent pour susciter de l'envie et en faire du profit, tandis que

23 *Ibid.* p. 205.

24 *Ibid.*

25 *Ibid.* p. 210.

les autres, au travers des mythes de la fiction « viennent redonner sens à ce que nous n'arrivons plus à appréhender »²⁶. C'est alors que la fiction réveille la conscience d'une dépossession. « La nôtre est au moins double : dépossession écologique d'une Terre dont nous ne décidons pas de limiter la surchauffe [...] et dépossession de toute maîtrise globale au sein d'une technosphère qui s'est tellement densifiée qu'elle produit une seconde nature artificielle et luxuriante »²⁷ (étouffante ?)

La technologie nous dévitalise. La solution est de renouveler notre alliance avec la nature plutôt que d'entrer dans le projet de couplage avec les machines « qui ne font que reproduire ce que nous disons et chantons déjà, ce que nous calculons, en plus mal, ou ce que nous avons dorénavant "la flemme" d'assumer »²⁸. D'où la préférence pour le travail de l'écrivain et son rapport au langage fait d'une incommensurable richesse d'humanité et de créativité plutôt que le faux langage des machines qui ne font que copier, mimer, restituer avec un semblant d'habits neufs du déjà connu.

Pour autant il ne s'agit pas de rejeter la technologie. L'humanité lui doit sa survie et son développement, mais « ce qui manque à notre temps c'est un art de vivre avec les technologies »²⁹. Pour cela il faut rétablir une relation saine avec la tech.

La puissance donc plutôt que le pouvoir. Ma puissance plutôt que leurs pouvoirs. Ma puissance de vivre et d'agir par moi-même avec les forces qui me traversent [...]. Ma puissance d'éprouver le monde par mon cœur et mon corps pour persévérer dans mon être pour reprendre la splendide expression de Spinoza³⁰.

.....
26 *Ibid.* p. 212.

27 *Ibid.* p. 214.

28 *Ibid.* p. 217.

29 *Ibid.* p. 229.

30 *Ibid.* p. 235.

Enfin, Damasio achève son livre avec une nouvelle dystopique dans laquelle le climat se venge du tout technologique et de ses conséquences écologiques désastreuses. Une immense tempête désurbanise San Francisco où la végétation va reprendre ses droits. Ce à quoi assiste un « technophile » depuis son appartement situé en haut d'une tour de 42 étages où il habite avec sa fille et sa femme. Cet appartement est entièrement organisé par la domotique que dirige une IA qui contrôle tout y compris le comportement du protagoniste qui a remis à son IA (Myia) les décisions qu'il risquerait de prendre sous l'impulsion négative de ses émotions. Bloqués dans l'appartement par décision de l'IA, lorsque les trois personnages seront libérés dans ce lieu dévasté et envahi par le végétal, ce sera dans le retour à l'animalité, mais l'IA sera toujours là. Derrière un futur dystopique se profile un autre futur fondé sur des valeurs propres à rétablir une harmonie en accord avec l'histoire de la Terre et du monde.

Pour conclure sur ce livre qui refuse d'être une critique primaire de la technologie pour explorer des voies critiques ouvertes, qui tente de faire la part des choses, je donnerai encore la parole à son auteur : Il nous faut « *Des pratiques qui nous ouvrent le monde chaque fois que l'addiction rôde, un rythme d'utilisation qui ne soit pas algorithmé, une écologie de l'attention qui nous décadre et une relation aux IA qui ne soit ni brute ni soumise* »³¹.

Voilà pour le fond ! Ajoutons-y une écriture riche et inventive que l'IA n'est pas encore en mesure d'imiter puisqu'elle ne saura jamais que faire semblant, et puisque la créativité procède de ce qu'est l'humain et que le transhumanisme rejette...

.....
³¹ *Ibid.*, p. 229.

