



VRS

La vie de la recherche scientifique

débats
stratégies
opinions
dossiers
actions

410
automne
2017

Prix au numéro : 8€



PENSER LE COMPLEXE

HORS-CHAMP

RECHERCHE SOLIDAIRE

ZOOM

QUELQUES QUESTIONS
SUR LES RECRUTEMENTS
DANS L'ENSEIGNEMENT
SUPÉRIEUR





À la CASDEN, le collectif est notre moteur !

Banque coopérative créée par des enseignants, la CASDEN repose sur un système alternatif et solidaire : la mise en commun de l'épargne de tous pour financer les projets de chacun.
Comme plus d'un million de Sociétaires, faites confiance à la CASDEN !



L'offre CASDEN est disponible
dans les Délégations Départementales CASDEN
et les agences Banques Populaires.

Rendez-vous également sur casden.fr

Suivez-nous sur    



CASDEN, la banque coopérative de toute la Fonction publique

édito



Patrick Monfort

Secrétaire général du SNCS-FSU

Toujours les mêmes lubies réactionnaires : supprimons le CNRS et tout fonctionnera mieux !

Depuis la création du CNRS en 1939, il est une constante dans la vie politique française, c'est l'acharnement de certains hommes et femmes politiques de droite à vouloir sa disparition. Né de la volonté de grands scientifiques dont Jean Perrin et Irène Joliot-Curie, dirigé par Frédéric Joliot-Curie à la Libération, le CNRS est, depuis soixante-dix ans, la cible régulière d'activistes qui réclament sa suppression ainsi que celle des autres organismes de recherche, pour les intégrer dans l'université. Les auteurs de ces diatribes et leurs contenus ne valent même pas la peine d'être cités, tant ils sont indignes.

On pourrait donc considérer que la nouvelle attaque en cours n'est qu'une des rechutes récurrentes d'un vieux tropisme de droite. Il y a certainement beaucoup de cela. Mais lorsque Thierry Coulhon, professeur d'université, conseiller pour l'enseignement supérieur, la recherche et l'innovation du président de la République et ex-directeur adjoint du cabinet de Valérie Pécresse explique, lors d'un colloque organisé par *Qualité de la science française* le 13 octobre dernier, que la masse salariale des organismes est trop importante au détriment du récurrent, nous sommes en droit d'avoir quelques inquiétudes.

Le discours qu'il nous ressert, toujours aussi simpliste et absurde, n'est sous-tendu que par une idée : généraliser la précarité à tous les personnels, chercheurs, ingénieurs et techniciens, comme cela existe dans plusieurs pays. Ainsi, les organismes n'auraient à gérer que du fonctionnement en réduisant la part de la masse salariale. Et pour les personnels, vive la loi de la jungle !

Au cours du même colloque, Pascale Briand, ancienne directrice générale de l'ANR, aujourd'hui inspectrice générale de l'agriculture, enfonce le clou en rajoutant que ce qui pèse sur la recherche française, c'est la complexité de nos organisations. Pour simplifier, elle appelle à la suppression des organismes qui « *constituent des freins pour l'avenir* ».

Il est vrai que la création des PRES, puis des COMUE, des Alliances, de l'ANR, de l'AERES devenu HCERES, et de tous les Ex du PIA (Idex, Isite, IHU, IRT, SATT...) n'a fait que simplifier le paysage de l'enseignement supérieur et de la recherche en France !

Cette volonté de supprimer un organisme mondialement reconnu, qui arrive encore à fonctionner grâce à l'engagement de ses personnels et malgré des budgets insuffisants et des emplois scientifiques mal payés qui se raréfient, est révélatrice de la pauvreté du discours politique de ceux qui la portent. Nous faisons nôtre l'appel de Pascale Briand de « *sortir de ce paysage segmenté* » de l'enseignement supérieur et de la recherche. Oui, défragmentons, simplifions l'organisation de la recherche en commençant par supprimer l'ANR ! Et conservons les organismes où se fait vraiment le travail de recherche, avec profit, depuis trois quarts de siècle et encore, espérons-le, pour longtemps.

PS : Il existe les corps d'inspection des ministères qui permettent de recycler les fonctionnaires dirigeants à qui on ne sait plus quoi proposer. Les primes supérieures à 40 000 € annuels des inspecteurs généraux¹ sont particulièrement intéressantes (rappelons que celles des chercheurs du CNRS se montent royalement à 960 € annuels). Supprimons aussi le recyclage dans les corps d'inspection générale !

¹ La revalorisation des carrières commence... par celle des inspecteurs généraux de l'administration (<http://snscs.fr/La-revalorisation-des-carrieres>).

sommaire

Édito 03

Toujours les mêmes lubies réactionnaires : supprimons le CNRS et tout fonctionnera mieux ! **Patrick Monfort**

Actualités 05

Dossier 09

PENSER LE COMPLEXE

Coordonné par Chantal Pacteau et Janine Guespin-Michel

Le complexe, une mode ou une révolution de la rationalité ? **Janine Guespin-Michel 10**

Ils ont écrit... **Textes recueillis par Janine Guespin-Michel 14**

Danser le tango sur l'asymptote - Science du danger et complexité **Guy Planchette 17**

Défis de la complexité écologique **Luc Abbadie et Yann Dusza 21**

Ville, risque, systémique **Bruno Barroca 25**

La complexité des processus d'innovation **Hervé Christofol 28**

Enseigner la complexité en biologie **Jacques Haiech 32**

La question de la complexité en sciences sociales : imprévisibilité et émergence **Michel Grossetti 34**

De la complexité à la connexion, le défi des sciences sociales **Christophe Pébarthe 38**

Zoom 41

Quelques questions sur les recrutements dans l'enseignement supérieur... **Florence Audier**

Hors-champ 45

Recherche solidaire **Bruno Chaudret - Propos recueillis par Bouchra Touba**

Syndicat national des chercheurs scientifiques [SNCS-FSU] 1, place Aristide-Briand. 92195 Meudon Cedex. Tél.: 01 45 07 58 70.

Fax : 01 45 07 58 51 - sncs@cns.fr - www.sncs.fr

Syndicat national de l'enseignement supérieur [SNESUP-FSU] 78, rue du Faubourg-Saint-Denis. 75010 Paris. Tél.: 01 44 79 96 10.

Fax : 01 42 46 26 56 - accueil@snesup.fr - www.snesup.fr

Directeur de la publication: Patrick Monfort | **Rédacteurs en chef:** Laurence Favier, Jean-Luc Mazet | **Rédactrice:** Chantal Pacteau | **Comité de programmation:** les bureaux nationaux du SNCS et du SNESUP | **Ont participé à ce numéro:** Luc Abbadie, Florence Audier, Bruno Barroca, Christophe Blondel, Bruno Chaudret, Hervé Christofol, Yann Dusza, Michel Grossetti, Janine Guespin-Michel, Jacques Haiech, Chantal Pacteau, Christophe Pébarthe, Guy Planchette, Bouchra Touba, Jean-Paul Vanderlinden | **Montage:** Clotilde Péan | **Impression et routage:** Imprimerie Compédit Beauregard. Z.I. Beauregard, BP 39, 61600 La Ferté-Macé. Tél.: 02 33 37 08 33 - www.compedit-beauregard.fr | **Régie publicitaire:** Com d'habitude publicité. 7 rue Emile Lacoste 19100 Brive-la-Gaillarde. Tél.: 05 55 24 14 03. Fax: 05 55 18 03 73. Contact: Clotilde Poitevin-Amadiou (www.comdhabitude.fr - contact@comdhabitude.fr) | La Vie de la recherche scientifique est publiée par le SNCS-FSU, 1, place Aristide-Briand 92195 Meudon Cedex. Tél.: 01 45 07 58 70 Fax: 01 45 07 58 51 - sncs@cns.fr.

Commission paritaire: 0419 S 07016. ISSN: 0338-1889. Dépôt légal à parution.

Prix au numéro: 8€ - Abonnement annuel (4 numéros): 25€ (individuel), 50€ (institutionnel).

Les titres sont de la responsabilité de l'équipe de rédaction.



Ont participé à la rédaction de ces actualités: F. Audier, C. Blondel, H. Christofol, C. Pacteau.

807 MILLIONS D'EUROS NON FINANÇÉS

La loi de finance initiale (LFI) 2018 prévoit pour la mission 150, recherche et enseignement supérieur de la mission interministérielle pour la recherche et l'enseignement supérieur (MIREs), une somme de 27,606 milliards d'euros (G€) en autorisation d'engagement (AE) et de 27,667 G€ en crédits de paiement (CP), ce qui correspond à une augmentation de 1,02 % par rapport à la loi de finances initiale de 2017. Ce chiffre est inférieur à l'inflation prévue par la Banque de France pour 2018 (1,2 %¹).



Lors de sa conférence de presse du 28 septembre, Frédérique Vidal, ministre de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation, a annoncé que, « pour répondre au défi de l'augmentation de la démographie étudiante, 175 M€ supplémentaires seront dédiés au fonctionnement des établissements. Cela devrait permettre notamment de financer des mesures salariales et de prendre en charge intégralement le glissement vieillesse-technicité (GVT)² ». Or, dans le titre 3 du programme « Formations supérieures et recherche universitaires » (c'est à dire la part du budget qui revient aux opérateurs de la MIREs), l'augmentation prévue n'est que de 128,4 M€, soit environ 1 %. Ce décalage peut être imputé au report des mesures de revalorisations salariales « Parcours professionnels, carrières et rémunérations » (PPCR) qui aurait été anticipé par Bercy avant même les annonces des ministres...

Ainsi les moyens « nouveaux » annoncés par la ministre ne correspondent pas véritablement à des moyens supplémentaires, mais, pour une large part, à la traduction budgétaire de décisions prises antérieurement. Aucune création de postes n'est envisagée. Qui plus est, une part croissante des emplois sous plafond des opérateurs est réservée aux ComUE – 870 équivalents temps plein (ETP) en 2018 contre 139 en 2017 – et ne bénéficieront

¹ <https://www.banque-france.fr/sites/default/files/media/2017/06/09/previsions-economique-juin-2017.pdf>

² https://cache.media.enseignementsup-recherche.gouv.fr/file/2017/35/7/Rentree-DP_17_820357.pdf

« Entre les années universitaires 2014-2015 et 2016-2017, les enseignants-chercheurs titulaires (et corps assimilés) ont vu leurs effectifs baisser de mille ETP, soit - 2,7 % ; (...) ceux des chercheurs des organismes de recherche, titulaires et contractuels, stagnent entre fin 2014 et 2016 (+ 0,3 %) mais baissent de 1,5 % au sein des seuls EPST. »

Source : Rapport parlementaire sur le PLF2018 de Levigoureux F., p.16

pas directement aux universités, ni aux formations, ni aux laboratoires. En l'absence de moyens supplémentaires, on voit mal comment les universités pourraient « dégeler » les centaines de postes « congelés » imposés par les sous-financements des années antérieures. Il n'y a, par ailleurs, aucun euro dans ce projet de budget pour compenser les charges liées à l'accueil des 40 000 étudiants supplémentaires dans les établissements en cette rentrée 2017 et les 45 000 de plus attendus en 2018.

Dans l'état actuel des estimations et des chiffrages proposés par le ministre lui-même, le sous-financement du programme 150 peut être estimé *a minima* à 28 M€. À ce chiffre, il faudrait rajouter les 1,2 % d'inflation et une revalorisation du point d'indice³ de ce montant (329 M€) ainsi qu'un accompagnement de la croissance du nombre d'étudiants à la hauteur du financement moyen (450 M€). Soit un total de 807 M€ non financés...

³ Hausse que nous revendiquons en 2018 *a minima* à la hauteur de l'inflation

Pour bien évaluer l'évolution de la dotation de ce programme, il faut prendre en compte les conséquences « mécaniques » de mesures techniques antérieures qui ont été intégrées à la LFI 2018 :

- le financement de l'extension en année pleine des 950 emplois « Fioraso » « créés » dans les établissements d'enseignement supérieur l'année précédente (+ 28,4 M€) ;
- la contribution au Compte d'affectation spéciale pensions civiles pour les personnels titularisés pour 10,7 M€ ;
- la revalorisation de 0,6 % du point d'indice de la fonction publique au 1^{er} février 2017 pour 5,4 M€ ;
- la mise en place du protocole PPCR pour 61,4 M€ (finalement reporté d'un an) ;
- la décharge de trente-deux heures accordée aux maîtres de conférence stagiaires au titre de la formation ;
- la réforme du contrat doctoral intervenue en 2016 ;
- la prise en compte du GVT dans le calcul de la dotation de masse salariale des opérateurs ayant accédé aux « Responsabilités et compétences élargies (RCE) : 50 M€ mais ce chiffre est vraisemblablement sous-estimé de 20 M€.

Crédits récurrents des organismes de recherche vs dotation de l'ANR : Le sénateur Berson découvre que quand on prive une puce de ses pattes elle devient sourde.

<http://snscs.fr/Declaration-lue-le-23-octobre-2017>

PLAN ÉTUDIANTS : SOUS-INVESTISSEMENT ET SÉLECTION

Le Plan Etudiants du gouvernement présenté par le Premier ministre Edouard Philippe et les ministres Frédérique Vidal et Jean-Michel Blanquer veut mettre en place un système de mise à niveau pour les étudiants qui n'auraient pas les pré-requis nécessaires dans une filière. Il institue aussi une sélection en fonction de « *la motivation, des aptitudes et du dossier* » dans les filières en tension.



Le gouvernement identifie bien les enjeux, notamment en termes de massification et de démocratisation de l'accès à l'enseignement supérieur, puisqu'il reconnaît que 200 000 bacheliers supplémentaires vont poursuivre leurs études au cours des cinq prochaines années. Mais le plan qu'il propose n'est absolument pas à la hauteur de ces enjeux, ni financièrement, ni politiquement.

Financièrement, il propose un milliard d'euros sur cinq ans. C'est-à-dire 200 millions par an dont 100 millions pour la vie étudiante. Et seulement 100 millions pour la création de nouvelles places pour les nouveaux dispositifs pédagogiques. C'est scandaleusement insuffisant. L'investissement moyen actuel pour un étudiant à l'université est de l'ordre de 10 000 €. Les besoins en ouverture de places nouvelles dans les filières plébiscitées par les bacheliers (STAPS, psychologie, droit, santé...) nécessiteront, à la rentrée 2018, 700 millions d'euros de plus qui ne sont pas financés. Comme ne sont pas financés les dispositifs pédagogiques permettant un accompagnement personnalisé des étudiants

dont les acquis ne répondraient pas aux « caractéristiques » de la formation de licence.

Politiquement, E. Philippe propose clairement d'acter la sélection dans les filières en tension. Le projet de loi ouvre la boîte de pandore de la sélection et va nécessiter une modification du code

de l'éducation. Les établissements élitistes vont s'y engouffrer.

Mais la sélection, ce n'est pas la méritocratie, c'est la reproduction des inégalités socio-culturelles déjà prégantes au lycée ; c'est le renforcement de la hiérarchie des filières de baccalauréat et la consécration de l'orientation précoce qui enferme les enfants des classes populaires dans des études courtes et sur-représente les enfants de cadres dans les études longues, comme en témoigne la composition sociale des classes préparatoires aux grandes écoles et des sections de techniciens supérieurs. La méritocratie, c'est la réussite aux examens et la reconnaissance des diplômes.

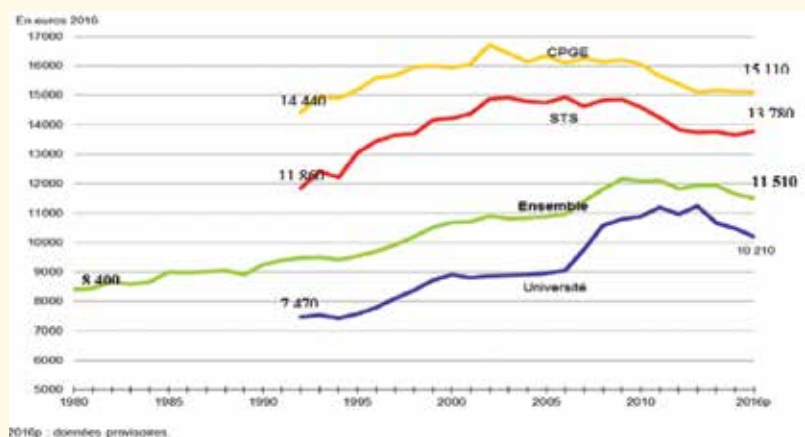
Le baccalauréat, premier grade universitaire, doit permettre un accès de droit en licence. Face aux enjeux de la croissance du nombre d'étudiants, nous revendiquons un investissement massif et immédiat dans l'enseignement supérieur qui permette la création de nouvelles places pour l'accueil et la réussite de tous les bacheliers et, *in fine*, l'élévation de leur niveau de qualification

Pour la troisième année consécutive, la dépense moyenne par étudiant devrait encore baisser entre 2016 et 2017. « La dépense moyenne par étudiant atteint 11 510 euros en 2016, après 11 590 euros en 2015 [et 11 759 euros en 2014 et 11 507 en 2010]. Comme l'an dernier, ce recul (- 0,7 % en euros courants) est lié à une augmentation des effectifs inscrits dans l'enseignement supérieur, toutes filières confondues, plus rapide que celle de la DIE – dépense intérieure d'éducation pour l'enseignement supérieur – (effectifs : + 2,1 %, DIE : + 1,4 % entre 2015 et 2016). »

Source : annexe jaune au PLF2018, p.132.

Évolution de la dépense moyenne par étudiant aux prix 2016 (1980-2016)

Source : DEPP, Compte de l'éducation



2016p : données provisoires.

VIDAL, OÙ SONT TES MILLIONS¹ ?

Ah qu'elle était belle, l'annonce faite par la ministre de l'enseignement supérieur et de la recherche, sur les ondes de France Inter, à 8h29 le 14 septembre dernier, d'une augmentation du budget de son ministère de 700 millions d'euros en 2018² ! Venant après l'annulation, mi-juillet, de 331 M€ de crédits de la mission « recherche et enseignement supérieur³ » cette augmentation annoncée avait tou-

¹ Texte tiré de : « Vidal, où sont tes millions ? » - <http://snscs.fr/Vidal-ou-sont-tes-millions>

² Augmentation promise ensuite, noir sur blanc, dans les « fiches mission » du document de cadrage pluriannuel du projet de loi de finances, fin septembre.

³ <http://snscs.fr/Oublier-Barcelone>

tefois un peu l'air du demi-remplissage d'un verre à moitié vidé... Le communiqué commun de nos organisations syndicales⁴, le 5 octobre dernier, l'a déjà souligné : 700 millions, c'est en fait bien peu, eu égard aux dettes contractées auprès des organismes internationaux de recherche, à l'augmentation continue du nombre des bacheliers qui se pressent aux portes des universités, aux moyens nécessaires à la poursuite de la revalorisation des carrières dans l'enseignement supérieur et la recherche, à l'indigence dans laquelle est tombé le système de financement de nos laboratoires...

⁴ L'austérité dans l'enseignement supérieur et la recherche : « Il y en a marre ! »

Plus de 3 100 emplois ont été perdus par le CNRS entre 2010 et 2016, dont plus de 180 au cours de la dernière année. Les autres opérateurs stagnent. Seule l'ANR – le seul opérateur du programme n° 172 *Recherches scientifiques et technologiques pluridisciplinaires* où on ne fait pas de recherche! – se voit promettre une croissance des emplois (avec trente emplois supplémentaires).

<http://snscs.fr/Declaration-lue-le-23-octobre-2017>

Le Conseil scientifique du CNRS a écrit un message à l'attention du, ou de la, prochain.e Président.e du CNRS où il expose sa vision de l'organisme.

http://www.cnrs.fr/comitenational/cs/recommandations/12-13_octobre_2017/Message-au-nouveau-President-du-CNRS.pdf

SACLAY ET SHANGHAI

Le plateau de Saclay voulu par Sarkozy – qui devait réunir le « meilleur » des universités et des grandes écoles françaises – aura deux pôles : l'un regroupant les grandes écoles d'ingénieurs autour de Polytechnique, l'autre les universités autour de Paris Sud. Avant qu'Emmanuel Macron ne vienne le 25 octobre sur le plateau de Saclay entériner le divorce entre les grandes écoles et l'université, l'AEF a demandé à Daniel Egret, chercheur à l'Observatoire de Paris, de simuler les effets de ce divorce sur le rang des deux nouveaux ensembles, à la manière des simulations qu'il a faites sur le rang qu'obtiendraient les Comue françaises si elles étaient classées dans le palmarès de Shanghai...



La nouvelle Université Paris-Saclay (dont le périmètre n'est pas encore stabilisé) se situerait entre les rangs 16 et 31. Le pôle constitué autour de l'X se classerait entre les rangs 193 et 375. Mais « *il serait possible d'obtenir un classement plus favorable si les chercheurs des organismes au sein du groupement, identifiés comme chercheurs hautement cités, affichaient l'affiliation du groupement plutôt que celui de leur organisme (une problématique qui se pose dans le cas de Polytechnique, pour le CNRS)* ».

D'après la dépêche AEF n°570879.

APPEL DE JUSSIEU POUR LA SCIENCE OUVERTE ET LA BIBLIODIVERSITÉ¹



« ...Les chercheurs soumettent gratuitement leurs articles à des éditeurs, lesquels les font évaluer par d'autres chercheurs. Puis publient les meilleurs. Dans des revues qu'ils vendent, très cher cette fois, aux chercheurs eux-mêmes. Ou plutôt à leurs institutions. En France, cela représente plus de cent millions d'euros dépensés chaque année². »

¹ <http://jussieucall.org/index-FR.html>

² <https://www.franceculture.fr/emissions/le-choix-de-la-redaction/le-choix-de-la-redaction-jeudi-26-octobre-2017>

C'est pour en finir avec ce modèle juteux pour les Elsevier, Springer, Nature et autres Wiley (marges à 35 % dans un marché estimé à près de trente milliards de dollars) que des scientifiques ont lancé, il y a quelques jours, l'appel de Jussieu.

Parallèlement un certain nombre de chercheurs dans le monde appellent eux au boycott des revues. En France, la loi Lemaire sur le numérique ouvre la possibilité aux chercheurs de déposer leurs archives en ligne gratuitement. La Commission européenne souhaite, elle, que d'ici 2020, toutes les études recevant de l'argent européen soient diffusées en libre accès.

« MONSANTO PAPERS » ET L'« AFFAIRE SERALINI »

La dernière livraison des « *Monsanto papers* » – ces documents internes de la firme Monsanto, rendus publics aux États-Unis à la suite d'une action en justice collective de 3 500 plaignants – lève le voile sur l'« affaire Seralini » qui occupe dix-huit dossiers des *papers*.

« En 2012, l'étude du Professeur Gilles-Éric Seralini et de son équipe sur les dangers sanitaires sur le long terme d'un OGM et de l'herbicide auquel il a été rendu tolérant, le Roundup, publiée dans la revue *Food and Chemical Toxicology (FCT)*, était retirée un an plus tard, parce que les résultats auraient été jugés peu concluants. Sauf que des documents dévoilés récemment démontrent que Monsanto, pour préserver ses intérêts, recourait en sous-main à des grandes manœuvres pour faire taire ses contradicteurs. La revue *Environmental Sciences Europe* a republié l'intégralité de l'étude en 2014. (...) Le responsable du journal *FCT* a été approché par la multinationale de Saint-Louis le 21 août 2012 (soit un mois avant parution) pour devenir consultant, fonction qu'il occupera à partir du 7 septembre suivant. Avec un salaire pour le moins attractif : 400 \$ de l'heure, dans la limite de 3 200 \$ par jour². »

1 <http://snscs.fr/VRS-no391-12-2012>

2 Monsanto Papers : les dessous du retrait de l'étude Seralini révélés <https://www.criigen.org/chronique/28/display/Monsanto-Papers-les-dessous-du-retrait-de-letude-Seralini-reveles>

LES UNIVERSITÉS AMÉRICAINES CHERCHENT À ATTIRER DAVANTAGE DE GARÇONS



« La nouvelle minorité sur les campus ? Les garçons ! » constate le magazine *The Atlantic*. « Cet automne, les femmes représenteront plus de 56 % des étudiants sur les campus américains. Parmi les nouveaux inscrits, le différentiel en leur faveur s'élève à 2,2 millions. Et aucun indice ne laisse penser que les choses vont s'arranger. »

L'écart grandissant entre le nombre de filles et de garçons qui s'investissent dans les études supérieures : une tendance qui concerne tous les pays de l'OCDE.

http://www.lemonde.fr/campus/article/2017/09/04/les-universites-americaines-cherchent-a-attirer-davantage-de-garcons_5180872_4401467.html#xtor=AL-32280270

D'autres fautes scientifiques graves ont été révélées par le *Monde*, telles que le *ghostwriting* (l'« écriture fantôme ») ou la rémunération de consultants pour écrire des articles scientifiques concluant à la non cancérogénéité du glyphosate, sans parler des interférences de la firme américaine auprès des organismes de réglementation⁴.

Il y a longtemps que la communauté scientifique se mobilise sur les questions de fraudes scientifiques⁵. Elle sera particulièrement attentive au devenir de la révision de la Recommandation de 1974 concernant la science et les chercheurs scientifiques qui est examinée ce novembre 2017 lors de la 39^{ème} session de la Conférence générale de l'UNESCO, entre autres sur le

point relatif à l'intégrité scientifique et au respect des codes d'éthique dans le domaine de la science et de la recherche et leurs applications techniques.

3 « La puissante firme américaine a fait paraître des articles coécrits par ses employés et signés par des scientifiques pour contrer les informations dénonçant la toxicité du glyphosate » : <http://www.lemonde.fr/planete/article/2017/10/04/monsanto-papers-desinformation-organisee-autour-du->

4 http://www.lemonde.fr/planete/article/2017/10/05/monsanto-papers-les-agences-sous-l-influence-de-la-firme_5196332_3244.html#5a25i0cQ1KJ7FQ.99
http://www.lemonde.fr/idees/article/2017/10/05/monsanto-papers-des-derives-inadmissibles_5196563_3232.html

5 Condition et responsabilité du chercheur : regards croisés <http://snscs.fr/VRS-no406-11-2016>

LE CANADA SÉDUIT LES ÉTUDIANTS ÉTRANGERS

De plus en plus d'étudiants américains choisissent une université canadienne, d'une part parce le coût des études au Canada y est moins élevé, mais aussi parce qu'ils s'inquiètent d'un racisme de moins en moins caché aux États-Unis et du devenir de leur couverture santé si l'*Obamacare* disparaissait. Quant aux étudiants étrangers qui préfèrent étudier au Canada qu'aux États-Unis, ils expliquent leur choix par la facilité d'obtention d'un visa d'étudiant, d'immigration et d'obtention de la nationalité canadienne.

<https://www.courrierinternational.com/article/universites-le-canada-fait-le-plein-detudiants-internationaux>

A NE PAS MANQUER

Le mensuel du SNESUP d'octobre 2017 : « Universités québécoises : la grande transformation ? »

<http://www.snesup.fr/rubrique/le-mensuel-le-snesup>



Chantal Pacteau

Penser le complexe

Pourquoi un dossier sur « penser le complexe » ? Parce que – et c’est le fil rouge de ce dossier – les formidables défis qu’affrontent les sociétés humaines exigent de revisiter les questions de recherche et de formation.

La complexification continue du monde, liée à la multiplication des interactions (changements globaux, multiplication des relations, transport de marchandises, internet, flux de capitaux...) nécessite et rencontre une évolution concomitante des sciences, l’impératif de penser la complexité. Cet impératif se développe dans toutes les disciplines, malgré les obstacles épistémologiques et conjoncturels (les conditions de la recherche) à sa mise en œuvre et sa diffusion. Comme l’écrit Janine Guespin-Michel dans l’article introductif de ce dossier, ce qui unifie cette « révolution » à travers les diverses disciplines, c’est la forme de pensée qu’elle génère, qui s’oppose à la forme de pensée dominante « analytique ».

Et les questions pressantes sur lesquelles travailler changent. Comme l’écrivaient Illya Prigogine et Isabelle Stengers dans *La nouvelle Alliance* dès 1979, « *ce ne sont plus d’abord les situations stables et les permanences qui nous intéressent encore mais les évolutions, les crises et les instabilités. Nous ne voulons plus étudier seulement ce qui demeure, mais aussi ce qui se transforme, les bouleversements géologiques et climatiques, l’évolution des espèces, la genèse et les mutations de norme qui jouent dans les comportements sociaux.* »

Dans ce dossier, des scientifiques de différents domaines de connaissance nous font partager leur conviction épistémologique selon laquelle penser la complexité revisite leurs questions de recherche. Ils partagent aussi la conviction que pour transmettre une vision du monde qui soit à la hauteur des enjeux de société, la formation des jeunes est fondamentale. Les graines du penser complexe, comme les graines du penser simplificateur, seront semées par nos collègues de l’enseignement primaire et secondaire. Nous qui formons ces enseignants, et qui accueillons leurs élèves, avons donc une responsabilité centrale dans la transmission de l’importance de la complexité en tant qu’approche pour appréhender les réels.

Le complexe, une mode ou une révolution de la rationalité ?

Pour décrypter et penser un monde de systèmes dynamiques, Janine Guespin plaide – dans un entretien donné à la *VRS* en 2016¹ – pour la révolution scientifique du complexe, sa démarche et ses concepts et pour une généralisation de son enseignement, encore réservé, aujourd’hui, à des domaines particuliers de la connaissance. Pour introduire ce dossier, elle examine comment le complexe peut être à la base d’une nouvelle rationalité.

Janine Guespin-Michel

Biologiste, professeure honoraire de
l’université de Rouen

Le mot « complexe » envahit les discours, les médias, les discussions. Très souvent, il est employé à la place de compliqué, ce qui est un véritable faux-sens, car compliqué est l’inverse de simple, mais complexe n’a pas d’inverse, c’est autre chose. Et si l’on trie, on s’aperçoit, qu’au delà de cette utilisation erronée, il y a un « résidu », une utilisation raisonnée qui pointe vers quelque chose d’important, de nouveau, qu’on parvient à nommer, même si on n’est pas capable de le décrire : c’est la complexité, le complexe. On se réfère alors à l’évolution du monde contemporain avec la multiplication des relations, internet, transports d’humains, de marchandises, et même d’espèces animales ou végétales, transactions financières... qui transforment la planète en de gigantesques réseaux d’interactions. On a le sentiment que quelque chose a changé de manière qualitative et pas seulement quantitative, mais est-ce gérable, pouvons nous intervenir, ou sommes nous devenus les jouets d’une transformation qui nous dépasse à jamais ?

Et d’abord, pourquoi utiliser ce terme complexe, ou complexité ? Pour le comprendre, remontons à sa source, l’irruption, quasi-simultanée, dans de nombreuses disciplines scientifiques, de nouveaux concepts, de nouvelles méthodes, de nouvelles démarches de pensée, d’abord étrangères les unes aux autres : les systèmes dynamiques non linéaires en mathématiques, puis en physique avec la théorie du chaos déterministe, les structures dissipatives en thermodynamique, les équilibres proie-prédateur en écologie, la systémique notamment autour de l’ingénieur Lemoigne, la

psychologie des interactions familiales de Palo Alto, la pensée complexe du sociologue-anthropologue Edgar Morin, le système-monde de l’école des annales en histoire...

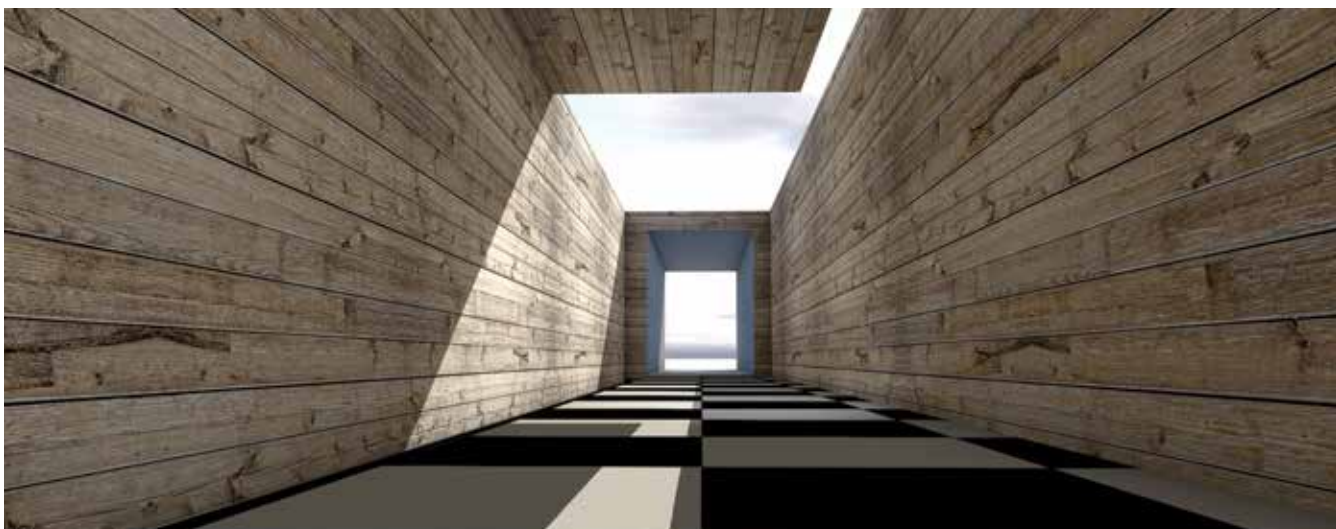
MOUVANCE SCIENTIFIQUE

En se développant, ces nouvelles disciplines se sont progressivement aperçues de similarités et ont emprunté des concepts nécessitant un travail en dehors des frontières disciplinaires habituelles. Elles forment une mouvance multidisciplinaire, suffisamment nouvelle pour se voir attribuer, par certains, le qua-



¹ *VRS* 406, « La révolution du complexe : sciences, dialectique et rationalité »

« Des regroupements transdisciplinaires se sont effectués, dont l’Institut des systèmes complexes adaptatifs de Santa Fe fut le premier et reste le plus emblématique. »



« Enfin, il est parfois nécessaire d'avoir plusieurs points de vue différents pour rendre compte d'un système complexe. »

lificatif de révolution scientifique du complexe². Des regroupements transdisciplinaires se sont effectués, dont l'Institut des systèmes complexes adaptatifs de Santa Fe fut le premier et reste le plus emblématique. Cette notion de mouvance plutôt que de discipline est très importante et représente l'une des ruptures avec les attitudes scientifiques précédentes.

On a dénombré quarante-cinq définitions différentes du terme complexité. Certaines, bien sûr, n'ont rien à voir avec ce qui fait l'objet de ce numéro de la *VRS* mais, pour les autres, les différences portent sur l'aspect du système complexe qui est privilégié. Pour certains, les systèmes complexes sont obligatoirement très compliqués ; pour d'autres, ils peuvent être très simples, comme le modèle de climat proposé par Lorentz, à l'une des origines de la théorie du chaos. Pour certains, la notion d'incertitude, d'imprédictibilité est primordiale, pour d'autres c'est la présence de dynamiques non linéaires, ou encore l'hétérogénéité des composants en interactions, et l'émer-

gence de niveaux d'organisation influant les uns sur les autres. Mais, dans tous les cas, on part de l'idée de système dynamique, c'est à dire d'un ensemble d'interactions entre des éléments, qui sont les causes des transformations subies par le système. Et, dans tous les cas, ces transformations ne conduisent pas à des comportements « intuitifs », c'est à dire habituels, et sont, par là même, souvent imprévisibles.

Pour autant, un système complexe n'est pas le grand n'importe quoi, il obéit à des règles, fussent elles pro-

.....
 « Si nous ne changeons pas notre façon de penser, nous ne serons pas capables de résoudre les problèmes que nous créons avec nos modes actuels de pensée. »

Albert Einstein

.....
 babilistes, et les transformations qu'il subit font généralement partie d'une famille de possibles, ce qui empêche une prédictibilité précise mais aide, tout de même, à prendre des décisions.

COMPRENDRE UN PAYSAGE

Enfin, il est parfois nécessaire d'avoir plusieurs points de vue différents pour rendre compte d'un

système complexe. Et c'est encore une des grandes différences avec les méthodes scientifiques habituelles : l'objet d'étude n'est pas donné, il est la rencontre entre un existant, qui présente les multiples interactions évoquées ci-dessus, et un point de vue qui choisit celles à prendre en considération. Ainsi, un objet complexe, comme un paysage, peut être étudié par des démarches réductionnistes analysant chaque élément ou chaque couple d'éléments pris à part. On ressent tout de suite l'incomplétude d'une telle démarche. Ou il peut être vu comme une série d'objets complexes, selon qu'on prendra en compte ou non, l'aspect esthétique, le rôle dans le maintien de la biodiversité, l'impact économique, le rôle de son évolution etc.. Mais dans ces cas, il s'agit d'un objet dont l'étude nécessite l'utilisation, à la fois, de concepts propres aux sciences de la complexité (la nature des interactions du système et sa dynamique, la modélisation de l'évolution du paysage, l'existence de boucles de rétroaction, l'émergence de comportements imprévus etc..) et des concepts propres aux divers champs disciplinaires qui concourent à son étude (géographie, sociologie, écologie, économie, esthétique, psychologie, histoire...)

² Janine Guespin-Michel, *La révolution du complexe : sciences, dialectique et rationalité*, 2016. www.revolutionducomplexe.fr

Bien sûr, tout cela est fortement dérangeant par rapport aux pratiques scientifiques usuelles et le développement des sciences du complexe s'est trouvé ralenti par de nombreux obstacles érigés par tous ceux qui n'acceptent pas cette nouvelle manière de faire de la science. Les obstacles n'ont pas été les mêmes d'une discipline académique à l'autre. L'obstacle le plus fort, compte tenu des financements actuels de la recherche, qui ont fait quasiment disparaître les financements récurrents des laboratoires, ce sont les intitulés des appels d'offre, qui, à quelques exceptions près en physique et en sciences de l'environnement, rendent très difficiles les approches complexes.

Mais il y en a d'autres : les comités éditoriaux des revues scientifiques, les jurys d'attribution des postes, qui – dans certains domaines de la connaissance – s'opposent, de fait, au recrutement de jeunes chercheurs aux profils interdisciplinaires indispensables pour maintes approches du complexe ³. Et puis, peut être encore plus dangereux pour le développement des sciences de la complexité, la confusion entre complexe (qui implique la prise en compte prioritaire des interactions entre les éléments d'un système) et compliqué (qui implique la présence d'un grand nombre d'éléments). C'est ainsi que les *big data* peuvent être une source importante d'études

de systèmes complexes, ou une manière d'éviter la complexité en se contentant de compiler des masses énormes de données.

Mais cette nouvelle manière de faire de la science, partagée entre la plupart des disciplines traditionnelles et nécessitant souvent la transdisciplinarité, est aussi, on le voit bien, une nouvelle manière de voir le monde. A la place d'un monde statique, divisible en entités que l'on ne peut analyser qu'après les avoir séparées, on envisage un



monde dynamique fait d'interactions entre des éléments qu'on ne peut pas séparer sans modifier profondément l'ensemble, et dont le fonctionnement global obéit, souvent, à des lois qu'on n'a jamais eu l'occasion de connaître au cours de sa scolarité, car elles ne sont enseignées qu'à quelques spécialistes.

FAIRE PRENDRE UNE MAYONNAISE

La prise de la mayonnaise m'a toujours paru un exemple type d'un système complexe, qui demande, pour être compris, une nouvelle manière de penser. Certes, les ingrédients sont utiles, encore que certains sont nécessaires à la prise

et d'autres seulement au goût. Mais la seule analyse des ingrédients, si poussée soit-elle, ne permettra jamais de comprendre la prise de la mayonnaise, qui est un processus émergent d'auto-organisation global entre toutes les molécules du mélange pour former un gel, qui se produit (émerge) lorsque l'émulsion eau/huile obtenue en battant et en ajoutant l'huile, atteint une certaine valeur critique. On appelle cela une bifurcation, et c'est un comportement bien connu en physique des systèmes dynamiques non-linéaires sous le nom de transition de phase de deuxième ordre.

C'est une auto-organisation car il n'y a pas une molécule « chef d'orchestre » qui a donné l'ordre aux autres de former un gel global. Mais une salle de concert qui se met à applaudir de façon synchrone lorsque le chef d'orchestre a

baissé sa baguette, ou une révolte des banlieues qui s'embrase violemment lorsqu'une bavure policière s'ajoute aux multiples humiliations des contrôles au faciès, voire la révolution tunisienne du printemps arabe, ne sont elles pas des manifestations sociales de l'émergence d'un même type de comportement auto-organisé ?

Aussi, la forme de pensée nouvelle qui donne sa cohérence à la mouvance scientifique du complexe s'oppose (tout en englobant toutes ses techniques) au mode de pensée actuel, issu de la logique d'Aristote (tiers exclu), du cartésianisme (démarche analytique statique et réductionniste), et des

³ Ceci est surtout vrai des recrutements universitaires, le CNRS faisant de très notables efforts pour recruter sur des thèmes interdisciplinaires.

Penser le réel

La pensée du complexe dépasse le monde académique et concerne l'ensemble des citoyens qui souhaitent comprendre quelque chose au monde actuel et ne pas rester écrasés et impuissants devant ses transformations, mais pouvoir exercer un droit de regard démocratique sur les décisions technocratiques qui les concernent. Pour revenir sur l'exemple simple lié à la prise de la mayonnaise, rechercher un « leader » lors d'une révolte de banlieues n'est probablement pas la bonne manière d'affronter (et résoudre) ce problème, et le fait est que, en dépit de la multiplication des lois augmentant la répression policière, les voitures continuent de flamber à chaque « bavure ».

mathématiques linéaires (causalité linéaire et proportionnalité entre causes et effets).

Je désigne sous le terme *pensée du complexe*⁴, cette forme émergente de pensée, pas uniquement scientifique, qui se reconnaît par la démarche mise en œuvre (la recherche des interactions d'un système dynamique), et par les concepts qu'elle emprunte, sous forme métaphorique ou non, aux sciences de la complexité (émergence, boucles de rétroactions, auto-organisation, bifurcations, attracteurs, incertitude etc...).

On peut donc penser que cette nouvelle forme de pensée, issue du progrès des sciences et qui est en constant devenir en raison même de cette liaison, est la base d'une nouvelle rationalité. Pourtant, cette idée, qui devrait être largement répandue, est encore trop souvent sous estimée, d'autant plus, peut être, que le mot

complexité est galvaudé. Cette forme de pensée reste essentiellement inconnue, dans la population en général, mais même parmi nombre de scientifiques. Et parmi ceux, certes de plus en plus nombreux, qui travaillent sur des systèmes complexes, tous sont loin de réaliser qu'ils utilisent, non seulement des méthodologies nouvelles, mais une nouvelle forme de pensée. Pourquoi ?

Se préoccuper de la forme de la pensée ne fait pas partie de la culture scientifique, du moins dans les sciences de la nature, ou dans celles des sciences humaines qui ont adopté le modèle comtien de la supériorité des sciences de la nature. Parmi les scientifiques qui travaillent sur des systèmes complexes, c'est à dire dont l'objet d'étude est déjà un système dynamique, certains utilisent, en fait, la forme de pensée dominante, réductionniste, et se contentent d'analyser les éléments de leur système⁵. Ce qui ne manque certainement pas d'intérêt mais limite la portée de l'étude.

D'autres utilisent les méthodes des sciences des systèmes complexes (modélisation ou simulation, utilisation des systèmes dynamiques non linéaires...) mais les considèrent comme de simples techniques, au même titre que le microscope électronique ou l'accélérateur de particules, sans en percevoir l'immense portée novatrice au niveau de la forme de pensée. Les sciences des systèmes complexes ne sont enseignées que dans des cursus spécialisés universitaires ou des écoles d'ingénieur, et n'y sont enseignées que comme des techniques et non comme une forme de pensée.

Or, puisqu'il s'agit d'une vision du monde plus adéquate au monde actuel que la vision qu'en donne la pensée dominante, cette forme de pensée devrait être enseignée dès l'école. Edgar Morin a bâti un système qu'il appelle la pensée complexe, qui fait partie de la révolution du complexe mais n'englobe pas la totalité de la pensée du complexe. Il insiste beaucoup sur la nécessité de l'enseigner dès l'école, mais ses idées ont surtout été expérimentées en Amérique latine, et notamment à Cuba⁶.

Cela ne donne-t-il pas aux scientifiques, qui sont conscients de l'importance et de la nouveauté de cette forme de pensée, une responsabilité nouvelle ? Celle de la transmettre ! Mais une forme de pensée ne se transmet pas comme une formule chimique. Pour acquérir une forme de pensée, il faut, soit y être plongé dès l'enfance, comme c'est le cas pour la forme de pensée dominante à l'heure actuelle, soit l'acquérir en confrontation/opposition avec l'ancienne⁷. Donc, pour transmettre à nos étudiants cette forme de pensée que nous pratiquons généralement de manière implicite, il faut d'abord que nous en prenions conscience de façon explicite. Bien entendu, il y faudra sans doute ensuite un travail de didactique. Et puis il faudra aussi travailler la manière de la transmettre au lycée, au collègue, à l'école. C'est un chantier important mais n'est-il pas passionnant ?

⁴ Janine Guespin-Michel, *Émancipation et pensée du complexe*, 2015, Éditions du croquant. Cet ouvrage montre aussi les convergences et complémentarités entre cette pensée du complexe et les dialectiques.

⁵ La forme même des appels d'offre en est parfois responsable, comme dans les grands programmes européens sur l'environnement.

⁶ <https://www.reseau-canope.fr/congres-mondial-pour-la-pensee-complexe/pensee-complexe.html#bandeauPtf>

⁷ Fostering Complexity Thinking in Action Research for Change in Social-Ecological Systems, Kevin H. Rogers, Rebecca Luton, Harry Biggs, Reinette (Oonsie) Biggs, Sonja Bignaut, Aiden G. Choles, Carolyn G Palmer & Pius Tangwe. *Ecology and society*, 2013. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-05330-180231>

Ils ont écrit...

La nouvelle Alliance

Illya Prigogine et Isabelle Stengers, Galimard, 1979



Illya Prigogine Isabelle Stengers

Mais la science d'aujourd'hui n'est plus la science « classique ».

Les concepts fondamentaux qui fondaient la « conception classique du monde » ont aujourd'hui trouvé leur limites dans un progrès théorique que nous n'avons pas hésité à appeler une métamorphose. L'ambition de ramener l'ensemble des processus naturels à un petit nombre de lois a elle-même été abandonnée. Les sciences de la nature décrivent désormais un univers fragmenté, riche de diversités qualitatives et de surprises potentielles. Nous découvrons que le dialogue rationnel avec

la nature ne constitue plus le survol désenchanté d'un monde lunaire, mais l'exploration, toujours locale et élective, d'une nature complexe et multiple. (...) Comment décrire plus précisément cette métamorphose ? Il faut d'abord remarquer à quel point l'objet des sciences de la nature s'est transformé. Le temps n'est plus où les phénomènes immuables focalisaient l'attention. Ce ne sont plus d'abord les situations stables et les permanences qui nous intéressent encore mais les évolutions, les crises et les instabilités. Nous ne voulons plus étudier seulement ce qui demeure, mais aussi ce qui se transforme, les bouleversements géologiques et climatiques, l'évolution des espèces, la genèse et les mutations de normes qui jouent dans les comportements sociaux (p11).

Nous avons découvert que l'irréversibilité joue, dans la nature, un rôle constructif puisqu'elle permet des processus d'organisation spontanée. La science des processus irréversibles a réhabilité, au sein de la physique, la conception d'une nature créatrice de structures actives et proliférantes (p18).

Affirmer cette ouverture, c'est aller à l'encontre d'une autre conception courante à propos de la science. L'idée qu'elle évolue en se libérant des exigences reçues de compréhension des processus naturels (qu'elle se purifie de ce que l'on définit comme des préjugés liés au bon sens paresseux pour mieux les opposer à l'« ascèse » de la raison) débouche, en effet, sur l'idée qu'elle doit être le fait de communautés d'hommes à part, dégagée des intérêts mondains. D'où cette conclusion que la communauté scientifique devrait être protégée par rapport aux demandes, besoins et exigences de la société. Le progrès scientifique constituerait un processus en droit autonome, que toute influence externe, tout intérêt déterminé par la participation du scientifique à d'autres activités culturelles ou sociales, ou par la nécessité d'obtenir des ressources, ne pourrait que perturber, détourner ou retarder (p21).

Longtemps, le caractère absolu des énoncés scientifiques a été considéré comme un signe de rationalité universelle ; l'universalité serait dans ce cas négation et dépassement de toute particularité culturelle. Nous pensons que notre science s'ouvrira à l'universel lorsqu'elle cessera de nier, de se prétendre étrangère aux préoccupations et aux interrogations des sociétés au sein desquelles elle se développe, au moment où elle sera capable enfin d'un dialogue avec la nature, dont elle saura apprécier les multiples enchantements, et avec les hommes de toutes cultures, dont elle saura désormais respecter les questions (p28).

La biologie moléculaire découvrirait ainsi l'omniprésence, dans le métabolisme, de ces réactions en boucle, de ces mécanismes d'autocatalyse, d'auto-inhibition, de l'ensemble des réactions non linéaires qui constituent la condition de possibilité de l'instabilité chimique loin de l'équilibre (p160).

La fluctuation est précisément ce qui, de l'activité intrinsèque du système, échappe irréductiblement au contrôle par les conditions aux limites, ce qui traduit la différence d'échelle entre le système comme « tout » (p167).

La nouvelle communication

Bateson et al., sous la direction de Yves Winkin, Seuil, 1981



Ce modèle de communication n'est pas fondé sur l'image du télégraphe ou du ping-pong – un émetteur envoie un message à un récepteur qui devient à son tour un émetteur etc... – mais sur la métaphore de l'orchestre. La communication est conçue comme un système à multiples canaux auquel l'acteur social participe à tout instant qu'il le veuille ou non : par ses gestes, son regard, son silence, sinon son absence. (...) Mais dans ce vaste orchestre il n'y a ni chef ni partition. Chacun joue en s'accordant sur l'autre...

Science avec Conscience

Edgar Morin, Fayard, 1982



Edgar Morin

De toutes les parts surgit le besoin d'un principe d'explication plus riche que le principe de simplification (disjonction/réduction) et que l'on peut appeler le principe de complexité. Celui-ci, certes, se fonde sur la nécessité de distinguer et d'analyser, comme le précédent. Mais il cherche, de plus, à établir la communication entre ce qui est distingué : l'objet de l'environnement, la chose observée et son observateur. Il s'efforce non pas de sacrifier le tout à la partie, la partie au tout ; mais de concevoir la difficile problématique de l'organisation, où, comme disait Pascal, « il est impossible de connaître les parties sans connaître le tout, non plus que de connaître le tout sans connaître particulièrement les parties ».

Il s'efforce d'ouvrir et de développer partout le dialogue entre ordre, désordre et organisation pour concevoir, dans leur spécificité, à chacun de leurs niveaux, les phénomènes physiques, biologiques et humains. Il s'efforce à la vision poly-oculaire ou poly-scopique où, par exemple, les dimensions physiques, biologiques, spirituelles, culturelles, sociologiques, historiques de ce qui est humain cessent d'être incommunicables (p43).

Une connaissance unidimensionnelle peut, si elle aveugle les autres dimensions de la réalité, apporter, par là même, de l'aveuglement (p62) (...) ce qui veut dire que les efforts conjugués de la sur-spécialisation, de la réduction et de la simplification, qui ont amené des progrès scientifiques incontestables, amènent aujourd'hui à la dislocation de la connaissance scientifique en empires isolés les uns des autres (physique, biologie, anthropologie), lesquels ne peuvent être reliés que de façon mutilante par la réduction du plus complexe au plus simple, et conduisent à l'incommunicabilité de disciplines à disciplines, que n'arrivent absolument pas à surmonter les pauvres efforts interdisciplinaires. Aujourd'hui, il y a occultation de tout ce qui se trouve entre les disciplines qui n'est autre que le réel (p66) (...).

La nécessité de penser ensemble, dans leur complémentarité, dans leur concurrence et dans leur antagonisme, les notions d'ordre et de désordre nous pose très exactement le problème de penser la complexité de la réalité physique, biologique et humaine. Mais pour cela (...) il nous faut (...) nous inclure dans notre vision du monde (p89).

Cela veut dire, du même coup, que le but de la connaissance n'est pas de découvrir le secret du monde ou l'équation maîtresse, mais de dialoguer avec le monde. Donc, premier message «travailler avec l'incertitude» ; il nous incite à critiquer le savoir établi qui, lui, s'impose comme certain. Contrairement aux apparences, le travail avec l'incertitude est une incitation à la rationalité : un univers qui n'était qu'ordre n'était pas un univers rationnel : c'était un univers rationalisé, c'est à dire censé obéir aux modèles logiques de notre esprit (p92).

Et la complexité ce n'est pas seulement penser l'un et le multiple ensemble, c'est aussi penser ensemble l'incertitude et le certain, le logique et le contradictoire, et c'est l'inclusion de l'observateur dans l'observation (p92).

La pensée complexe doit remplir de très nombreuses conditions pour être complexe : elle doit relier l'objet au sujet et à son environnement ; elle doit considérer l'objet non comme un objet mais comme un système/organisation posant les problèmes complexes de l'organisation. Elle doit respecter la multidimensionnalité des êtres et des choses. Elle doit travailler/dialoguer avec l'incertitude, avec l'irrationalisable. Elle doit, non plus désintégrer le monde des phénomènes, mais tenter d'en rendre compte en le mutilant le moins possible (p305-6).

Comprendre le monde : Introduction à l'analyse des systèmes monde

Immanuel Wallerstein, traduction française, La découverte poche 2009



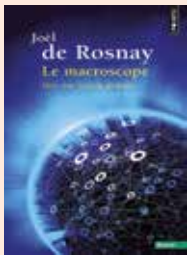
Immanuel Wallerstein

Si le système en place ne peut plus fonctionner de façon adéquate selon ses propres paramètres, un choix quant à la solution à adopter et au système (ou systèmes) à construire est inévitable. Mais les choix que feront les acteurs est parfaitement imprévisible. Le processus de bifurcation est chaotique, ce qui signifie que la moindre action limitée est alors susceptible d'avoir de lourdes conséquences. On constate, dans ces conditions, que le système a tendance à osciller dangereusement, mais qu'il finit par emprunter l'une des deux voies. En principe, il faut du temps avant que le choix définitif ne se fasse. Cette période est une période dite de « transition » dont le dénouement est très incertain. Mais arrive toujours un moment où l'issue devient claire et à partir duquel nous sommes bien installés dans un nouveau système historique.

Depuis maintenant un bon moment, le système-monde moderne, celui d'une économie-monde capitaliste, traverse précisément une telle crise, qui peut perdurer pendant encore vingt-cinq à cinquante ans. Un trait central de cette période de transition est que nous connaissons des oscillations brutales des systèmes et des processus que nous avons appris à reconnaître comme partie intégrante du système-monde actuel, ce qui rend nos prévisions à court terme nécessairement très instables (p122).

Le Macroscopie : vers une vision globale

Joel de Rosnay, Seuil, 1975



Joël de Rosnay

Microscope, télescope, ces mots évoquent les grandes percées scientifiques vers l'infiniment petit et vers l'infiniment grand (...).

Aujourd'hui nous sommes confrontés à un autre infini : l'infiniment complexe. Mais cette

fois, plus d'instrument. Rien qu'un cerveau nu, une intelligence et une logique désarmés devant l'immense complexité de la vie et de la société.

Nous sommes confondus par le nombre et la prodigieuse variété des éléments, des relations, des interactions ou des combinaisons sur lesquels reposent le fonctionnement des grands systèmes dont nous sommes les cellules, pour ne pas dire les rouages. Nous sommes déroutés par le jeu de leurs interdépendances et de leur dynamique propre, qui les font se transformer au moment même où nous les étudions, alors qu'il nous faudrait les comprendre pour mieux les guider (...).

Il nous faut donc un nouvel outil. Aussi précieux que furent le microscope et le télescope dans la connaissance scientifique de l'univers, mais qui serait, cette fois, destiné à tous ceux qui tentent de comprendre et de situer leur action. Aux grands responsables de la politique, de la science et de l'industrie, comme à chacun de nous.

Cet outil, je l'appelle le macroscopie (...). C'est un instrument symbolique, fait d'un ensemble de méthodes et de techniques empruntées à des disciplines très différentes (...). Le macroscopie peut être considéré comme le symbole d'une nouvelle manière de voir, de comprendre et d'agir (...).

On parle beaucoup, aujourd'hui, de l'importance d'une « vision d'ensemble » et d'un « effort de synthèse ». Attitudes jugées nécessaires pour surmonter les grands problèmes du monde moderne. Malheureusement, il ne me semble pas que notre éducation nous y ait préparé. Regardez la liste des disciplines universitaires : elles découpent la nature en autant de chasses gardées soigneusement clôturées (...).

Il existe une autre approche, complémentaire (...). On l'appelle l'approche systémique. C'est cette nouvelle approche que symbolise le macroscopie (...). Au-delà des évidences et des descriptions, qu'apporte-t-elle sur le plan pratique ? Peut-elle nous aider à élargir notre vision du monde ? A mieux transmettre les connaissances ? A dégager de nouvelles valeurs et de nouvelles règles qui puissent motiver et supporter l'action ? (Introduction p1 à 5).

Entre le cristal et la fumée Essai sur l'organisation du vivant

Henri Atlan, Seuil, Collection Points sciences, 1979



Henri Atlan

Les organismes vivants sont fluides et mouvants. Tout essai de les figer – au laboratoire ou dans notre représentation – les fait tomber dans l'une des deux formes de

mort (...). Et pourtant, il n'est pas impossible de la représenter. On peut en parler. On peut tenter d'en décrire la logique. De ces tentatives, un des mérites est d'avoir posé la question : que veulent dire les attributs d'« organisé » et « complexe » quand on les applique à des systèmes naturels, non totalement maîtrisés par l'homme parce que non construits par lui ? C'est là que deux notions opposées de répétition, régularité, redondance, d'un côté, et variété, improbabilité, complexité, de l'autre, ont pu être dégagées et reconnues comme ingrédients coexistants dans ces organisations dynamiques. Celles-ci sont ainsi apparues comme des compromis entre deux extrêmes ; un ordre répétitif parfaitement symétrique dont les cristaux sont les modèles physiques, et une variété infiniment complexe et imprévisible dans les détails, comme celle des formes évanescents de la fumée (p3).

Le quark et le jaguar

Murray Gell-Mann, traduction française, Ed. champs Flammarion, 1995



Murray Gell-Mann

La recherche sur les sciences de la simplicité et de la complexité, telle qu'elle est menée au Santa Fe Institute et ailleurs dans le monde, inclut naturellement l'élucida-

tion de ce que signifient le simple et le complexe, mais également les similitudes et les différences entre les systèmes adaptatifs complexes à l'œuvre dans les processus aussi divers que l'apparition de la vie sur la Terre, l'évolution biologique, le comportement des organismes dans les communautés écologiques, le fonctionnement du système immunitaire des mammifères, l'apprentissage et la pensée chez les animaux (les êtres humains y compris), l'évolution des sociétés humaines, le comportement des investisseurs sur les marchés financiers et l'utilisation de matériel et/ou de logiciels informatiques conçus pour élaborer des stratégies ou pour faire des prédictions fondées sur des observations antérieures (p33-34).

Danser le tango sur l'asymptote

Science du danger et complexité

Les modes de raisonnement analytique sur lesquels se fonde encore la gestion des risques ont été cimentés par l'histoire et la culture. Certes utiles, ils limitent l'efficacité des efforts dans un monde complexe, où systèmes technologiques, naturels, anthropologiques... interagissent en permanence. Il s'agit de penser les dynamiques systémiques afin de pouvoir expliciter les évolutions en rupture susceptibles de provoquer accidents ou catastrophes. C'est l'objet de la science du danger appelée cindynique.

Guy Planchette

Président d'honneur de l'Institut pour la maîtrise des risques (IMdR)

Propos recueillis par Janine Guespin

Janine Guespin : En quoi consiste le métier d'ingénieur risques ?

Guy Planchette : Tout organisme – entreprise, service, administration, association, syndicat, etc. – est confronté, dans le cadre de ses activités, à des enjeux internes et externes assimilables à des opportunités et/ou des dangers. Ainsi, il prend ou subit des risques dans le but de réaliser ses finalités. A conséquences positives ou négatives, les risques sont de nature très diverse (technologique, professionnelle, environnementale, informatique, financière, juridique, d'image, ...). L'ingénieur risques (ou *risk manager*) a pour rôle essentiel de réduire l'importance des conséquences négatives, en cherchant, soit à éviter la survenue de ces types de risques, soit à réduire la gravité des dommages pouvant être engendrés. Dans le premier cas, il s'agira de mesures de prévention et, dans le second, de protection. Le processus qu'il utilise pour atteindre ces objectifs consiste à les identifier, les analyser, puis à les évaluer, les hiérarchiser, dans le but de les traiter par des stratégies de prévention et/ou de protection. Par exemple, la norme ISO 31000:2009 sert de guide pour

les aspects technologiques, la réglementation Bâle 1,2,3 pour le système bancaire ; quant au code du travail, il recense l'ensemble des dispositions constituant la réglementation du travail (embauche, contrats, conditions de travail, durée et temps de travail, salaires, hygiène et sécurité...).

J.G. : Quels sont les concepts et méthodes actuellement utilisés ?

G.P. : Il existe actuellement une multitude de concepts et de méthodes¹ qu'il serait difficile de toutes citer ici. Chaque métier a inventé, adapté et perfectionné des solutions en fonction de sa spécificité et de l'histoire de la nature des défaillances qu'il a pu constater.

Cette histoire a pris son essor dans les années 1950 avec une recrudescence de défaillances techniques rencontrées en particulier avec les équipements électroniques, dont la fiabilité ne pouvait être comparée à celle des équipements mécaniques. De là sont nées de nombreuses recherches au sein des entreprises intervenant dans les domaines des télécommunications, du

nucléaire et de l'espace, car elles utilisaient énormément d'électronique.

Après des années de recherche, le nombre global d'accidents a pu être considérablement réduit entre 1950 et 1970. Mais si ce nombre n'a guère évolué, les vingt années suivantes (1970-1990) ont été marquées par une série de catastrophes inattendues (Flixborough, Séveso, Three Mile Island, Bhopal, Tchernobyl, Challenger...) qui ont mis en lumière le rôle important du facteur humain dans la survenue des défaillances. Puis, la succession des accidents et catastrophes de la décennie suivante (usine de pesticides en 1991 ; accident de la raffinerie de la Mède en 1992, naufrages pétroliers en 1992, 1993, 1996 et 1999) va montrer la nécessité d'ajouter aux facteurs technique et humain, un facteur organisationnel.

Les concepts et méthodes (encadré) sont élaborés en fonction de la spécificité métier et de l'étape du processus industriel. Mais je voudrais insister sur les caractéristiques et points communs qui sous-tendent ces concepts et méthodes, car ils s'appuient sur cinq approches assimilables pratiquement à des axiomes :

¹ Consulter le site de l'IMdR : https://www.imdr.eu/upload/client/Fiches_methodes_FR2014.pdf

Concepts et méthodes

A titre d'exemple, la méthode *Analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité* (AMDEC) a été développée dans les secteurs de la mécanique et de l'électrotechnique, alors que la méthode HAZOP, acronyme des termes *HAZard* (danger) et *OPerability* (fonctionnement) est très utilisée dans le secteur de la chimie. Quand à *Hazard Analysis and Critical Control Points* (HACCP), c'est un système destiné à identifier, évaluer et maîtriser les dangers significatifs au regard de la sécurité des aliments. La norme ISO 31010:2009 *Gestion des risques – Techniques d'évaluation des risques* cite une grande partie de ces concepts et méthodes.

- analytique, provenant des habitudes acquises à chacune des étapes historiques, (facteurs technique, humain, organisationnel). Ainsi, chaque discipline continuera à être inspirée par la parcellisation des tâches issue du système industriel de production de masse pensée dès la fin du 19^{ème} siècle. Ce qui conduira à étudier séparément chacun des facteurs en cherchant désespérément à les optimiser individuellement ; et à décomposer, selon la méthode de Descartes, « *chacune des difficultés en autant de parties qu'il serait requis pour mieux les résoudre* ». De fait, l'hypothèse implicite de ces choix sous-tend que les relations entre les facteurs et les parties sont des interactions linéaires ;
- fondée sur le risque, en oubliant le danger qui en est à la source. En effet, s'appuyant inconsciemment sur la présomption que tous les dangers existants sont maintenant connus et catalogués par de nombreuses expériences, les études de danger sont remplacées par des études de risque. Or, danger et risque ne sont pas de même nature. Un danger est une capacité à provoquer des dommages, à l'exemple d'un produit toxique. Tandis que le

risque n'existe que si, entre autres, des personnes et des équipements sont confrontés à un ou plusieurs danger(s), soit en le subissant (risque subi), soit en le décidant par un acte volontaire (risque pris) et qu'un événement déclencheur soit capable de matérialiser le ou les dangers ;

- « événementielle », en priorisant les études de risque sur la probabilité de déclenchement de l'événement et en l'agrémentant de combinaisons de scénarii probables. Mais en se centrant sur l'événement, nous

faisons fi du degré de vulnérabilité de l'organisme. Or, l'événement que l'on redoute utilise cette fragilité pour transformer l'incident en accident ou catastrophe ;

- sensorielle, en faisant également l'hypothèse que la connaissance des dangers ne repose que sur ceux perçus par nos sens. Or, nous savons que l'humain est physiologiquement incapable de percevoir tous les signaux d'alerte. Prenons l'exemple des séismes. A plusieurs reprises, et bien avant que les secousses n'aient lieu, on a constaté que les animaux se comportaient d'une manière étrange pour notre compréhension. Pourtant, nous savons déjà que nous sommes insensibles aux ultra-sons, aux ultra-violets, aux infrarouges ou encore aux champs magnétiques. Vraisemblablement, les animaux pressentent des signaux d'alerte qui les font fuir les zones à risques (ce qui a encore été observé lors du tsunami du 24 décembre 2004 dans l'Océan indien). Un autre exemple de dangers non sensoriel réside dans le jeu des acteurs intervenant dans une entreprise, où chacun a à cœur de faire valoir ses propres valeurs et intérêts. Ces discordances peuvent générer une source

majeure d'incohérence et donc créer des situations dangereuses ;

- de préférence quantitative, en occultant le fait que des aspects qualitatifs (tels que les valeurs, les croyances, les finalités) influencent grandement les actions des individus et peuvent générer de graves antagonismes allant de la paralysie au blocage du fonctionnement d'un organisme.

Ces approches freinent aujourd'hui considérablement tout progrès. Car, de fait, au niveau d'un organisme, nous sommes en présence de plusieurs sous-éléments qui échangent constamment entre eux des données, de l'information, de l'énergie, avec des boucles de rétroaction.

J.G. : Il s'agit donc de franchir le seuil analytique pour basculer dans le domaine de la complexité.

G.P : Exactement ! De ce fait :

- ce n'est pas en cherchant à maximiser la performance de chacune des parties que l'on parviendra à maximiser la performance globale ;
- les interactions et boucles de rétroaction nous entraînent vers une dimension où la causalité n'est plus linéaire ;
- il est impératif de revenir aux fondamentaux consistant à réintégrer le concept de danger, à intégrer tous les dysfonctionnements d'ordre qualitatif et à explorer méthodiquement les évolutions historiques, spatiales, géographiques et temporelles du contexte de l'organisme. Souhaitées ou subies, ces évolutions engendrent inéluctablement autant de potentiels de force que de fragilités, ces dernières occasionnant ainsi une sensibilité accrue aux attaques qu'elles soient physiques, organisationnelles ou encore psychiques.

Tous ces éléments expliquent que les modes de raisonnement sur lesquels nous fondons encore notre gestion des risques ont été cimentés par l'histoire et notre formation culturelle. Même si l'application des concepts et méthodes actuels peut être utile au niveau d'un équipement technique, elle limite l'efficacité de nos efforts lorsque l'on se place au niveau d'un organisme. Nous butons alors contre un mur, celui de l'asymptote de la courbe de réduction du nombre d'accidents. C'est la raison pour laquelle C. Frantzen a traduit cette image par la formule : « danser le tango sur l'asymptote »²

J.G. : Qu'est-ce que la cindynique et en quoi est-elle liée à la complexité ?

G.P. : Tout organisme s'organise autour d'actions collectives orientées vers un but. Pour ce faire, il rassemble des sous-éléments techniques, documentaires et un ensemble d'acteurs. Tous ces sous-ensembles sont reliés par une organisation et baignent dans un environnement. Et comme il l'a été mentionné auparavant, tous ces sous-ensembles interagissent et échangent des informations, de l'énergie... C'est la raison pour laquelle un organisme est un système complexe.

Nous avons vu précédemment que nos modes actuels de gestion des risques appliquent des raisonnements analytiques pour résoudre un monde complexe. Et devant l'impossibilité de franchir le mur de l'asymptote, G.Y Kervern³,

aidé d'une équipe de chercheurs, s'est attaché à en comprendre les raisons. Ils ont étudié une série d'accidents, qu'ils soient technologiques, naturels ou domestiques, et ont d'abord déduit que l'origine des causes n'était pas uniquement due aux défaillances techniques. Ils ont ainsi fait apparaître des ressemblances entre le « déficit » immunitaire et les « déficits » internes aux organisations. Ils en ont conclu qu'un accident est favorisé lorsque des éléments pathogènes (maladies accidentelles) se forment au sein des organisations et ne rencontrent pas de « sys-

propres caractéristiques peut générer des éléments pathogènes comme des ambiguïtés ou des flous. Ainsi, aux déficits jouant comme des lacunes, s'ajoutent des « dissonances » comme sources de tension.

Ainsi naquit cette « science du danger appelée cindynique ». Elle consiste à rechercher, en priorité, tous les déficits et dissonances générant une vulnérabilité de l'organisme. Par cette vulnérabilité, et sous l'effet des éléments pathogènes, la situation dangereuse créée évolue progressivement ou en rupture vers l'accident, la catastrophe ou la crise. Cette évolution progressive, et parfois silencieuse, est à l'origine d'émergences non souhaitées et peut engendrer une bifurcation⁵, notion évoquée lorsqu'il s'agit du comportement des systèmes dynamiques non linéaires. Et, s'agissant d'événements et de transformations de fréquence faible et de conséquence importante, les concepts cindyniques ont préféré substituer aux approches fréquentielles du risque, la notion de « propension »

représentant cette tendance inhérente au changement qui se manifeste dans toutes les entités de l'univers dynamique dans lequel nous vivons⁶. De ce fait, pour les cindyniciens, « la vulnérabilité d'une situation recouvre sa propension à générer des dommages, ce qui amène à penser que la résilience est le contraire de la vulnérabilité, c'est-à-dire qu'elle représente la capacité à résister à la propension à générer des dommages. La prévention cindynique passe donc par la maîtrise des propensions⁷. »



Cindynique : ensemble des sciences et des techniques qui étudient les risques (naturels, technologiques) et leurs préventions.
Source : <http://www.larousse.fr>

tèmes de défense appropriés ». Cette découverte a renforcé la primauté du concept de danger par rapport à celui de risque et le nom de « déficit » a été donné à ces éléments pathogènes⁴ qui sont des dangers ou sources de risque et non ces événements redoutés engendrant les risques.

Ultérieurement, prenant conscience de la complexité existant au sein des organismes et particulièrement de la présence d'échanges entre les réseaux d'acteurs, ils ont intégré les aspects qualitatifs qui guident les actions des acteurs, comme les valeurs, règles et finalités. Chaque acteur possédant ses

propensions⁷.

² Frantzen, C. (2004), *Tango on an Asymptote*, Présentation à la 13^{ème} conférence annuelle de la *Society for Risk Analysis* (SRA) Europe, Paris, 15-17 novembre 2004.

³ Georges Yves Kervern, *Emergence et histoire des cindyniques – déconstruction de la destruction*, Colloque Intelligence de la complexité, épistémologie et pragmatique, Cerisy, 23-30 juin 2005.
<http://archive.mcxapc.org/docs/cerisy/c10.pdf>

⁴ Georges Yves Kervern & Patrick Rubise, *L'archipel du danger*, Economica, 1991.

⁵ Janine Guespin-Michel, *La révolution du complexe : sciences, dialectique et rationalité*, 2016.
www.revolutionducomplexe.fr

⁶ Marianne Belis, *Causalité, propension, probabilité*, Intellectica, 1995.
http://intellectica.org/SiteArchives/archives/n21/21_11_Belis.pdf

⁷ Pascal Cohet, *Infocindynique et complexe Conflits-Risques-Développement*.
<http://ifrei.org/tiki-index.php?page=InfoCindynique>



« La cindynique étant une science relativement nouvelle, la recherche académique jouerait un rôle important et utile pour faire progresser la démarche, la méthode et les outils. »

En conséquence, la réponse au mode actuel de l'évaluation d'un risque qui s'effectue par l'intermédiaire de deux qualifiants (probabilité et gravité), quantifiant ainsi les caractéristiques de l'événement générateur du risque, s'enrichit pour passer à cinq qualificateurs (données, modèles, règles, valeurs et finalités) caractérisant les déficits et dissonances évaluant la vulnérabilité de l'organisme. Toute cette période de recherche a été une réponse aux grandes catastrophes enregistrées entre les années 1970 à 1990 cités ci-avant⁸.

Ultérieurement, ces premiers concepts cindyniques ont été transférés vers la société civile. Les premiers résultats ont été appliqués à la famille⁹, à la ville et à la santé publique. Après septembre 2001, ces concepts vont progressivement migrer pour explorer le passage du risque industriel et psychologique à celui de la menace. Et d'autres perspectives sont en cours de développement pour traiter des aspects de conflictualité.

Ces migrations montrent la pertinence de l'utilisation de la

démarche cindynique et son adaptabilité à toute situation complexe.

L'esprit de la cindynique repose donc sur cette philosophie développée depuis 1987. Elle utilise trois points d'appui : une démarche, une méthode et des outils. Il serait présomptueux de vouloir décrire ici cet ensemble qui demanderait un long développement. Je suggère de se reporter à mon article de 2016¹⁰ pour en apprécier l'intérêt et les progrès qu'elle a permis. Toutefois, l'application de cette démarche – assez longue et déstabilisante par la nouveauté de ses principes et la prise de conscience qu'elle provoque en pointant l'existence d'importants dysfonctionnements au sein des organisations – rebute bien de responsables qui hésitent à se lancer dans l'aventure.

J.G. : La recherche « académique » peut-elle jouer un rôle utile dans ce contexte ?

G.P. : La cindynique étant une science relativement nouvelle, la recherche académique jouerait un rôle important et utile pour faire progresser la démarche, la méthode et les outils. Quelques

pistes de recherche peuvent être avancées :

- apprendre à mieux conduire des études systémiques, leurs modélisations possibles, à comprendre les notions d'émergence au sein des systèmes complexes afin de mieux maîtriser les émergences non souhaitées ;
- aider à l'étude du système complexe et dynamique qui caractérise un organisme afin de pouvoir expliciter les évolutions en rupture vers un accident ou une catastrophe et étudier s'il s'agit de phénomènes de bifurcation ;
- mieux définir l'usage de la notion de propension évoquée ci-avant, ses liens ou différences avec les notions de probabilité pour les événements incertains à venir ;
- progresser dans la conduite d'une étude cindynique sur certains choix de sélection des acteurs concernés par des déficits et dissonances ;
- améliorer le caractère opérationnel de la démarche cindynique afin d'être en capacité d'élaborer une hiérarchisation des sources de risque pour mieux apprécier la classification des actions de prévention à conduire.

⁸ Patrick Lagadec, *Le risque technologique majeur*, <http://www.patricklagadec.net>

⁹ *Le risque psychologique majeur*, A. Fournier, C. Guitton, G-Y Kervern, M. Monroy, Editions ESKA, Paris 1997.

¹⁰ Guy Planchette, pages 161 à 193, dans *Risques majeurs, incertitudes et décisions, approche pluridisciplinaire et multisectorielle*, coordonné par Myriam Mérad et al., Editions ESKA, Paris 2016.

Défis de la complexité écologique

En s'appuyant sur les concepts et les théories de l'écologie globale, l'ingénierie écologique propose une approche systémique pour relever quelques-uns des défis de la complexité écologique en produisant des milieux résilients et évolutifs capables de délivrer des services écosystémiques durables. Ce texte est tiré de la revue « *Responsabilité et environnement* » paru en juillet 2016 sous le titre « De l'écologie à l'ingénierie écologique¹ ». Il est reproduit ici avec l'aimable autorisation de l'éditeur et de ses auteurs.

Luc Abbadie et Yann Dusza

Institut d'écologie et des sciences de l'environnement de Paris, Université Pierre et Marie Curie

La question environnementale a profondément changé au cours de ces dernières décennies. Trois étapes majeures peuvent être repérées dans la perspective de l'ingénierie écologique. La première est la publication, en 1972, sous la houlette de Dennis Meadows, d'un rapport commandé par le Club de Rome au *Massachusetts Institute of Technology*, qui, comme l'indique son titre *The limits to growth*, attire l'attention sur l'imparable finitude de la croissance quantitative de l'humanité². La seconde étape a été le lancement, en 2000 et 2002, du concept d'anthropocène par Paul Crutzen, chimiste de l'atmosphère et prix Nobel de chimie, qui montre que l'espèce humaine est devenue un déterminant majeur d'un certain nombre de dynamiques géochimiques, physiques et biologiques à l'échelle planétaire³. La troisième étape est un ensemble de rapports des Nations Unies issus d'un *Millennium Ecosystem Assessment* et publiés en 2005, qui proclament la dépendance de l'humanité vis-à-vis de processus biophysiques et écologiques en train

de changer dans un sens qui ne nous est pas favorable, et qui popularisent au passage le concept de service écosystémique⁴.

L'ÉMERGENCE D'UN CONCEPT

La finitude des ressources, prise de contrôle partielle des humains sur la dynamique de la biosphère, dépendance des humains vis-à-vis d'une nature spontanée et lointaine : ces nouveaux paradigmes confortent une vision de plus en plus interventionniste de notre rapport à la nature. Celle-ci n'est pourtant pas totalement nouvelle. En effet, la conscience de la dégradation continue de la qualité de l'environnement, qui était alors l'apanage d'une infime minorité, avait déjà engendré des politiques de protection de la nature un peu partout dans le monde, après la Seconde guerre mondiale. Mais la seule préservation d'îlots de nature spontanée et de quelques espèces a été rapidement perçue comme insuffisante face à l'ampleur de la régression de la biodiversité des milieux naturels.

L'idée de restauration s'est peu à peu imposée. Sa concrétisation doit beaucoup au législateur nord-américain, qui a introduit, dans une loi de 1972 relative à l'eau, l'obligation de restaurer une zone humide dégradée, voire d'en créer une nouvelle en cas d'atteinte portée à une zone humide au cours d'un aménagement. Cette disposition, appliquée avec des modalités variées selon les États, a engendré, aux États-Unis, la constitution d'un nouveau secteur économique. En France, la loi de protection de la nature de 1976, qui a rendu obligatoire les études d'impact, a voulu elle aussi systématiser les pratiques de restauration en lançant

Restaurer les milieux naturels, les adapter aux changements climatiques, piloter les services écosystémiques délivrés par la biodiversité, créer *ex nihilo* des milieux en tant qu'alternatives ou que compléments à des solutions d'ingénierie technique : tels sont les enjeux scientifiques et opérationnels de l'ingénierie écologique. En s'appuyant sur les concepts et les théories de l'écologie scientifique, l'ingénierie écologique tente de relever quelques-uns des défis de la complexité écologique en produisant des milieux résilients et évolutifs capables de délivrer des services écosystémiques durables.

¹ Se reporter à ce texte pour accéder à l'ensemble des références.

² MEADOWS (D. H.) & al., *The limits to growth, A report for the Club of Rome's project on the predicament of mankind*, Universe Books, New York, 1972.

³ CRUTZEN (Paul J.), *Geology of mankind*, *Nature*, n° 415, 23, 2002 (DOI :10.1038/415023a).

⁴ *Millennium Ecosystem Assessment, Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*, Island Press, Washington, DC, 2005.

la fameuse séquence « éviter-réduire-compenser⁵ ». Mais celle-ci est malheureusement restée *quasi* lettre morte jusqu'au Grenelle de l'Environnement.

En quoi le concept d'ingénierie écologique diffère-t-il de celui de restauration ? Il est clairement beaucoup plus large : il renvoie bien entendu aux opérations de restauration de milieux dégradés, mais il fait aussi référence à la création de nouveaux écosystèmes sur le terrain ou en milieu contrôlé, au pilotage des services écosystémiques, à l'atténuation des changements climatiques, à l'adaptation des systèmes écologiques aux changements climatiques et à l'érosion de la biodiversité et à la mise en œuvre de compensations. L'ingénierie écologique dépasse donc les objectifs traditionnels de restauration et de réparation de la nature pour franchir un degré supplémentaire d'instrumentalisation de la nature⁶.

En ce sens, l'ingénierie écologique est une nouvelle forme de biotechnologie et d'ingénierie du vivant qui manipulerait non plus les gènes ou les cellules, mais les communautés et les écosystèmes. Elle pose donc les mêmes questions éthiques, juridiques et politiques que les biotechnologies traditionnelles, à cette différence près que tout ou presque reste à faire en ce qui la concerne. L'ingénierie écologique comporte à l'évidence une dimension prométhéenne : elle est positionnée pour « recréer la nature », et c'est en ce sens qu'elle s'inscrit dans le triptyque limites-impact-dépendance évoqué

⁵ Article 2 de la loi n°76-629 du 10 juillet 1976 : « Le contenu de l'étude d'impact qui comprend au minimum une analyse de l'état initial du site et de son environnement, l'étude des modifications que le projet y engendrerait et les mesures envisagées pour supprimer, réduire et, si possible, compenser les conséquences dommageables pour l'environnement ».

⁶ Une forme extrême d'approche réparatrice est la partie biologique de la géo-ingénierie, qui, autour des questions de séquestration du dioxyde de carbone, d'albédo et de transpiration, envisage de manipuler, sur de gigantesques surfaces continentales ou océaniques, des communautés végétales (forêts et phytoplancton, principalement).

plus haut : puisque notre monde est fini et puisque nous dépendons totalement de lui, puisqu'il est sur des dynamiques qui ne nous conviennent pas mais que nous avons engendrées, sa « reprise en main » n'est plus une option, c'est une obligation. Au fond, l'ingénierie écologique se nourrit d'un constat d'échec : si la réparation et le pilotage sont devenus inévitables, c'est parce que la prévention et la prudence n'ont pas suffi.

L'ENJEU D'UNE DÉFINITION

Dans « ingénierie écologique », il y a « ingénierie » et il y a « écologique ».

Le terme « ingénierie » est clair : il désigne la mise en place de travaux et d'équipements à la lumière des connaissances scientifiques, et surtout techniques.

Le vocable « écologique » est, quant à lui, beaucoup plus ambigu, en raison de sa polysémie. Il peut en effet renvoyer aux qualificatifs d'écolo, de vert, de naturel...

Ce n'est évidemment pas de cela qu'il s'agit : l'ingénierie écologique a pour outil principal le vivant. Or, tous les organismes présentent un potentiel de croissance exponentiel : utiliser des organismes, c'est utiliser des outils puissants qui peuvent se déployer très rapidement sur de grandes surfaces et générer avec efficacité les phénomènes escomptés, et ceux qui ne le sont pas.

L'ingénierie écologique peut engendrer des effets collatéraux négatifs, dont il est difficile de se prémunir (il suffit de penser à l'histoire écologique récente de l'Australie pour s'en convaincre). L'ingénierie écologique est tout sauf une ingénierie douce.

Le qualificatif « écologique » renvoie aussi à une science, l'écologie. Réaliser une opération d'ingénierie écologique, c'est-à-dire (par exemple) modifier une forêt pour en faire un

puits de carbone plus efficace ou créer une zone humide pour contribuer à l'épuration des eaux résiduaires, ou encore modifier une communauté de poissons pour lutter contre l'eutrophisation d'un plan d'eau, c'est en réalité manipuler ou créer un système complexe, c'est-à-dire un ensemble constitué d'un grand nombre d'éléments en interaction les uns avec les autres et dont le comportement n'est pas déductible du comportement des éléments considérés individuellement. En exagérant à peine, on peut dire que personne n'a jamais réussi à gérer un système écologique en tenant compte de sa complexité, ce qui est sans aucun doute à l'origine de bien des problèmes d'environnement. L'agriculture productiviste occidentale en est malheureusement une « bonne » illustration.

Dès son origine, l'écologie s'est constituée autour du projet d'analyser l'organisation et la dynamique des systèmes écologiques complexes. Au fil des décennies, cumulant observations, expérimentations et modélisations, elle s'est dotée d'un capital de théories qui lui permettent aujourd'hui de disposer d'une connaissance prédictive, qui rend l'écologie applicable. De fait, c'est là que réside le grand enjeu de la définition de l'ingénierie écologique, celui de l'innovation. La théorie écologique permet un cadrage des actions d'ingénierie écologique, qui, grâce à une explicitation de la complexité et des échelles de temps et d'espace impliquées, peut aider à identifier les trajectoires les plus probables du système et à en minorer les effets collatéraux indésirables.

De ce fait, la définition de l'ingénierie écologique donnée par le Programme interdisciplinaire de recherche en ingénierie écologique du CNRS en 2008⁷ semble avoir conservé toute sa pertinence : « L'in-

⁷ Abbadie (L.), Bastien-Ventura (C.) & Frascaria-Lacoste (N.), « Bilan et enjeux du programme interdisciplinaire Ingeco du CNRS (2007-2001) : un tournant pour l'ingénierie écologique en France ? », *Nature, Sciences, Sociétés*, n°23, 2015, pp. 389-396.

génierie écologique désigne le corpus des savoirs mobilisables pour la gestion de milieux, la conception, la réalisation et le suivi d'aménagements ou d'équipements inspirés de, ou basés sur les mécanismes qui gouvernent les systèmes écologiques (auto-organisation, diversité, structures hétérogènes, résilience, par exemple)». Si la nature est prise comme modèle, c'est en raison non pas d'une quelconque sacralisation de celle-ci, mais bien d'une volonté de s'inspirer de, ou de copier « les organisations et les dynamiques qui ont été testées et validées par le crible de l'évolution ».

LES BASES ÉCOLOGIQUES DE L'INGÉNIERIE ÉCOLOGIQUE

L'ingénierie écologique opérationnelle est ancrée dans l'empirisme. Cela suffit, dans bien des cas, notamment lorsque l'objectif assigné à un écosystème restauré ou créé repose sur le maintien d'une ou de quelques espèces ou sur une ou quelques fonctions particulières dans un contexte biophysique relativement stable.

Mais cet empirisme a toutes les chances de se révéler insuffisant si les objectifs sont pluriels et si le contexte biophysique est variable, ce qui est désormais toujours le cas ne serait-ce qu'en raison du changement climatique et de l'érosion de la biodiversité. En contexte changeant, la prédiction ne peut reposer sur une extrapolation : l'explicitation de la complexité devient inévitable.

Manipuler un système complexe est toujours aventureux. À de rares exceptions près, il n'est pas envisageable de répondre à la question « Sur quel bouton dois-je appuyer pour obtenir tel résultat ? ». En revanche, il est possible de baser l'action sur un certain nombre d'avancées conceptuelles de la recherche en écologie,

notamment autour des questions de durabilité et de résilience.

Une opération d'ingénierie écologique doit avant tout reposer sur une vision systémique. Un système qui est tout d'abord local : toutes les composantes et tous les processus de l'écosystème sont liés entre eux et se modifient l'un l'autre. Restaurer ou créer un système écologique, c'est manipuler des interactions. Ignorer ces interactions, cela reviendrait à renoncer à connaître les dynamiques à long terme du système et à détecter les effets collatéraux de l'action envisagée. L'écologie n'est pas en mesure, aujourd'hui, de préciser et de quantifier toutes ces interactions, même si les progrès réalisés en la matière sont quotidiens. Elle peut, en revanche, notamment grâce aux outils de simulation numérique, proposer *a minima* des scénarios probables et permettre ainsi de prendre une décision mûrement réfléchie.

Un système est aussi régional. Tout écosystème fait partie d'un réseau d'écosystèmes similaires constituant le méta-écosystème et s'inscrit dans des réseaux d'écosystèmes dissemblables. La durabilité d'un écosystème repose sur sa capacité à échanger avec l'« extérieur » : des gènes, des individus, des espèces, des matériaux et de l'énergie. Ainsi,

.....
« Une opération d'ingénierie écologique doit avant tout reposer sur une vision systémique. Un système qui est tout d'abord local : toutes les composantes et tous les processus de l'écosystème sont liés entre eux et se modifient l'un l'autre. Restaurer ou créer un système écologique, c'est manipuler des interactions. »

il ne sert à rien, par exemple, de reconstituer une zone humide dans une carrière abandonnée s'il n'y a pas une autre zone humide à une distance raisonnable, distance qui peut être déterminée scientifiquement. Les continuités écologiques, les corridors et les milieux intermédiaires dans lesquels se situe

la zone d'intervention en conditionnent la réussite.

Un écosystème est un système évolutif, et sa capacité à se modifier est la clé de son maintien dans le temps, éventuellement sous des formes renouvelées (c'est ce que l'on appelle sa « résilience »). Plusieurs caractéristiques semblent impliquées dans sa capacité de changer avec son environnement (y compris dans sa dimension biologique, avec, par exemple, la survenue d'une maladie), même si quelques exceptions ont pu être signalées ou suggérées :

- En premier lieu, la diversité biologique de l'écosystème, que celle-ci soit génétique ou spécifique, ce qui conduit à construire des écosystèmes d'une diversité supérieure à la diversité minimale (si tant est que celle-ci existe) afin de maximiser les passages de relais entre les organismes le constituant, lesquels sont les garants de la continuité de son fonctionnement ;
- Ensuite, l'hétérogénéité de l'organisation de l'écosystème, tant en termes de conditions physico-chimiques (création de sols d'épaisseurs différentes, par exemple) qu'en termes de structure démographique (s'assurer d'une multiplicité des classes d'âge dans un peuplement d'arbres, par exemple) ;
- Le régime des perturbations est un point souvent oublié : l'exposition de l'écosystème à des perturbations localisées et irrégulières (ouverture d'une clairière dans une forêt, par exemple) est un mécanisme principal d'entretien des hétérogénéités et de la biodiversité ;
- Le recours à des espèces locales permet non seulement de ne pas appauvrir la diversité génétique, mais aussi d'augmenter les



© NINECAPA Photo Library / Flickr

chances de disposer d'espèces qui soient capables de répondre aux contraintes de l'environnement et à leurs changements les plus probables localement : on peut en effet considérer que les espèces locales disposent de l'information génétique qui leur sera nécessaire en cas de changement, une information transmise par leurs ancêtres qui ont déjà connu des changements analogues (ce que semblent confirmer les apports récents de l'épigénétique⁸) ;

- Enfin, un autre point souvent méconnu est le fait que les organismes vivants changent très fortement les conditions physico-chimiques des milieux dans lesquels ils se trouvent, et c'est d'ailleurs pour cela qu'ils sont un outil privilégié de l'ingénierie écologique. Cela signifie que la modification d'un milieu pour accueillir telle ou telle communauté n'est pas définitive, parce que celle-ci, une fois installée, va à son tour modifier le milieu, et

pas nécessairement à son avantage. On est là confronté à la notion de rétroaction, qui peut constituer un outil ou, au contraire, une contrainte pour l'ingénierie écologique.

LE DÉPLOIEMENT DE L'INGÉNIERIE ÉCOLOGIQUE

Au-delà de la restauration de milieux naturels justifiée par des raisons patrimoniales, esthétiques, éthiques, paysagères ou utilitaristes (restauration de zones humides pour se protéger contre des crues, par exemple), l'ingénierie écologique se déploie progressivement dans le milieu urbain pour favoriser l'adaptation de ce dernier au changement climatique, dans le milieu agricole avec l'invention de l'agroécologie, en foresterie avec les perspectives de séquestration du dioxyde de carbone, dans l'ensemble du paysage avec le développement des trames vertes et bleues et la mise en œuvre de la compensation écologique. Par son approche systémique, elle peut permettre de remettre en cohérence les fonctionnements des

diverses composantes d'un territoire. Mais elle ouvre aussi la voie à une spécialisation outrancière de vastes surfaces qui pourraient être entièrement dédiées à la maximisation de tel ou tel service écosystémique (le risque est particulièrement élevé en ce qui concerne la séquestration de CO₂).

Les modalités de la conception et de la mise en œuvre des opérations d'ingénierie écologique soulèvent les mêmes problèmes économiques, sociaux et culturels que toute autre ingénierie. Mais, une différence majeure, comme nous l'avons dit plus haut, est que l'ingénierie écologique est un outil très puissant de modelage du milieu de vie des humains, qui peut concerner très vite de vastes territoires et beaucoup de monde, et qui peut engendrer des catastrophes écologiques de grande ampleur quand elle est mal utilisée. La concertation, la clarté et le contrôle démocratique sont des prérequis absolus d'une ingénierie écologique réellement au service d'un développement durable.

⁸ L'épigénétique analyse les mécanismes moléculaires qui modulent l'expression des gènes des organismes, notamment en fonction des variations de leur environnement.

Ville, risque, systémique

Face à l'importante diversité des systèmes urbains, à leurs nombreuses interactions et interdépendances, les préceptes de la méthode cartésienne ne peuvent être suivis. Dépasser l'approche analytique permet de considérer les systèmes urbains dans leur globalité et leur complexité, à travers une étude de leurs organisations et des interactions qui les structurent, qu'ils soient sociaux, physiques ou fonctionnels.

Bruno Barroca

Lab'Urba

Université Paris-Est Marne-la-Vallée

Systemique et complexité restent deux termes très régulièrement mobilisés par les chercheurs qui étudient les risques urbains, les systèmes urbains, les villes... Après avoir évoqué ces aspects sous l'angle de la gestion des risques dans l'article « La résilience urbaine entre transition et rupture » dans la *VRS* précédente¹, nous aborderons, dans ce numéro, les systèmes urbains et la complexité. La résilience urbaine est consubstantielle au génie urbain qui, lui-même, occupe une place majeure dans la fabrication et dans le fonctionnement de la ville, dans la

conception des projets et dans l'élaboration des politiques urbaines.

L'approche analytique ne donne pas de réponse globale et fiable à la compréhension des fonctionnements et des dynamiques urbaines. Aussi, les chercheurs en urbanisme ont-ils régulièrement recours à l'approche systémique, une approche apparue au début du XX^{ème} siècle alors que les idéaux d'objectivité, de rationalité, de rigueur logique de la pensée positiviste de René Descartes – qui ont dominé l'ensemble des sciences depuis le XVII^{ème} siècle – ne répondaient plus à des champs disciplinaires tels que la physique, la psychologie ou encore les mathématiques². Une première étape dans cette recherche d'un nouveau paradigme a été franchie dans les années 1940 aux États-Unis, par la mise en évidence d'une analogie entre les systèmes techniques et les organismes vivants. La systémique naîtra de courants de pensées très foisonnants en ce début de siècle : le structuralisme, la cybernétique et la théorie de l'information.

La ville peut être considérée comme un système composé de plusieurs sous-systèmes³. Une littérature conséquente a confirmé l'importance de l'approche systémique pour étudier les phénomènes urbains⁴. Alors qu'ils sont envisagés comme des systèmes appartenant aux domaines techniques, les réseaux de communication, l'énergie, la mobilité et autres infrastructures de gestion des flux et des déchets urbains sont parties intégrantes des projets urbains et des villes. Les enjeux qu'ils sous-tendent sont au cœur de l'aménagement urbain : gérer les zones urbanisées soumises à des risques naturels, construire des villes économes en énergie... D'abord centrée sur une volonté de comprendre le système, de prévoir son comportement, l'approche systémique évoluera et sera complétée par un second courant intégrant des concepts de communication et d'autonomie ainsi que d'auto-organisation.

Dépasser l'approche analytique permet de considérer les systèmes urbains dans leur globalité et leur complexité, à travers une étude de leurs organisations et des interactions qui les structurent. Comme le révèle les catastrophes, les interdépendances qui composent les différents systèmes urbains sont extrême-

Quelques définitions

Structuralisme : mouvement développé au début du XX^{ème} siècle dans les sciences sociales (linguistique, anthropologie, etc.). La notion de structure permettrait une meilleure appréhension des systèmes, de leur formalisation et de leur généralisation.

Cybernétique : représentation du comportement, du fonctionnement des machines. Selon le mathématicien Couffignal : « *la cybernétique c'est l'art et la science d'assurer l'efficacité de l'action* ».

Théorie de l'information : travail sur la science de l'information, des signes et du traitement de l'information.

¹ Cité par Daniel Durand, *La systémique. Que sais-je?* PUF, 1979

¹ Dossier « Les scientifiques, auteurs de la transition écologique et solidaire » (<http://snscs.fr/VRS-no409-ete-2017>).

² Gérard Donnadieu, Daniel Durand, Danièle Neel, Emmanuel Nunez, Lionel Saint-Paul, 2003. L'Approche systémique : de quoi s'agit-il. *Union européenne de systémique* (<http://www.afsctet.asso.fr/SystemicApproach>).

³ Brian J.L. Berry, 1964. *Cities as systems within systems of cities*. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1435-5597.1964.tb01283.x/full>

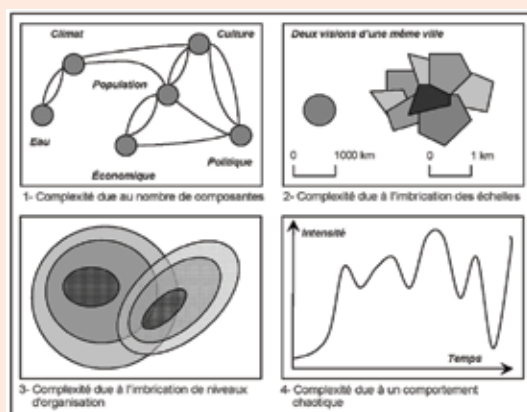
⁴ Par exemple, Denise Pumain, Léna Sanders & Thérèse Saint-Julien, 1989. *Villes et auto-organisation*, Economica.

ment nombreuses. Ces systèmes peuvent être caractérisés à travers quatre concepts que sont l'interaction, la globalité, l'organisation et la complexité (encadré).

(HYPER) COMPLIQUÉ OU COMPLEXE ?

Dans le domaine du génie urbain, ce n'est pas tant la multiplicité des composants d'un système urbain, ni même leurs relations fonctionnelles qui caractérisent la complexité du système. Il n'est ainsi pas rare d'étudier des situations avec un très grand nombre de composants et de comportements possibles : si ces composants et interactions sont exhaustivement dénombrables, le système est compliqué, voir hypercompliqué. En génie industriel, les risques sont couramment étudiés avec des méthodes analytiques, l'analyse fonctionnelle, l'analyse des modes de défaillance, l'analyse des modes de défaillances et de leurs effets, etc... Ces méthodes permettent de bien comprendre le fonctionnement de systèmes techniques composés d'un très grand nombre d'éléments, de liens, de flux. Il est envisageable de décrire l'ensemble des comportements possibles de tels systèmes techniques et ainsi de prédire le comportement qu'ils manifesteront si une agression (la défaillance d'un ou plusieurs éléments, un *aléa* extérieur, etc.) intervient sur une partie du système.

Quatre concepts pour caractériser les systèmes urbains



Source : *Les théories de la complexité chez les géographes* (Dauphiné and Provitolo, 2013).

L'interaction : le système est constitué d'interactions, d'interrelations fortes entre ses différentes composantes et/ou avec l'extérieur. Ainsi, le physiologiste Ludwig von Bertalanffy¹ parle d'un « ensemble d'unités en interrelations mutuelles » et Edgar Morin d'« unités globales organisées d'interrelations entre éléments, actions ou individus. »

La globalité : le système doit être considéré comme un tout, et pas seulement comme une somme d'éléments. Von Bertalanffy (1998) montre ainsi que le système n'est pas réductible à ses parties. L'ingénieur-économiste Daniel Durand affirme,

quant à lui, que « le tout est davantage qu'une forme globale, il implique l'apparition de qualités émergentes que ne possédaient pas les parties² ». L'objet est ainsi pensé dans sa totalité de structure de fonctionnement et d'évolution.

L'organisation : c'est la caractéristique centrale du système. Elle décrit à la fois l'état et les processus qui construisent le système. Elle concerne donc l'aspect structurel (de quoi est fait le système ?) et fonctionnel (comment fonctionne le système ?). Cette dernière caractéristique du système (aspect fonctionnel) est une nouveauté par rapport à l'approche positiviste. Elle introduit la notion de finalité. Comme le dit le spécialiste en sciences des systèmes, Jean-Louis Le Moigne³, le système ne nous intéresse pas « d'abord par ce qu'il est, mais par ce qu'il fait et ce qu'il subit, donc par ce qu'il devient ». L'aspect fonctionnel permet de décrire les processus dynamiques qui sous-tendent l'évolution du système. Joël de Rosnay, dans son ouvrage de vulgarisation de la systémique *Le Macroscopie*, insiste fortement sur cet aspect dans sa définition du système : pour lui un système est un « ensemble d'éléments en interaction dynamique organisé en fonction d'un but ».

La complexité : alors que la logique cartésienne prône une simplification de tous les phénomènes en éliminant l'inconnu ou l'aléatoire, l'approche systémique met en exergue la complexité. Cette complexité est issue du nombre et des caractéristiques des éléments du système et des liaisons, de l'incertitude par rapport à l'aléa issu de l'environnement.

¹ Le physiologiste Ludwig von Bertalanffy est l'un des grands fondateurs de la science des systèmes. Ouvrage-clé : *Théorie générale des systèmes*, nouvelle édition 2012, Dunod.

² Daniel Durand, *La systémique*. Que sais-je ? PUF, 1979.

³ Jean-Louis Le Moigne, 1977. *La théorie du système général* (<http://www.mcxapc.org/inserts/ouvrages/0609tsgtm.pdf>).

De même, les systèmes techniques urbains tels les réseaux de chaleurs, les *smart-grids* ou les *smart technologies* sont des parties intégrantes d'un projet urbain qui peuvent être analysés. Pour ce faire, il est d'usage de déterminer des limites au système technique étudié afin d'en exclure les nombreuses variables – telles que le comportement humain, l'évo-

lution du climat... – susceptibles d'« interférer » dans l'analyse. Une fois isolé, le système technique peut alors être décrit, analysé, modélisé...

Ces situations sont abusivement qualifiées de complexes : ce qui fonde la complexité est liée à l'imprévisibilité potentielle (non calculable *a priori*) des comportements du sys-



© SNGF / CAV / JEAN-MARC FABRERO

Hall de la gare d'Avignon-TGV

tème, en particulier à la récursivité qui affecte le fonctionnement de ses composants et organisation qui « en fonctionnant se transforment. » La systémique permet d'entrer dans l'intelligence d'un phénomène et d'en orienter son action. La prise en compte d'impératifs non-techniques qui vont interagir ne permet pas de réduire la résilience urbaine ni même le génie urbain à des systèmes techniques et ouvre à des impératifs environnementaux, humains, sociaux. La complexité suscite des phénomènes d'émergence, notamment dans les périodes de crise et de post-crise, certes intelligibles mais non toujours prévisibles. Les comportements observés des systèmes vivants et des systèmes sociaux fournissent d'innombrables exemples de cette complexité, une complexité à la fois organisée et, récursivement, organisante.

Un système urbain s'appuie sur le fonctionnement de nombreux systèmes techniques interdépendants, dont les dysfonctionnements, les adaptations, les dégâts, le temps de remise en état ne sont pas toujours évaluables. Face à notre incapacité à

prévoir et maîtriser, il ne suffit pas de chercher la robustesse pour se protéger. Il ne s'agit pas non plus de renoncer à agir en évoquant l'argument de sa complexité. Au contraire, il faut en accepter l'expérience car les événements perturbateurs – tels que les risques – sont source d'inventions et génèrent une forme de résilience cognitive et collective.

Parce qu'envisager la complexité, c'est produire de la ville, il s'agit de renouveler le débat sur la politique de création et de gestion des espaces urbains en la reliant à la question de l'organisation et de l'évolution de la ville. La génie urbain peut alors s'envisager dans ce cadre, celui d'un système urbain « malléable » qui tolère des différences, qui est capable de se modifier en gardant une capacité à créer, défaire ou réorganiser structures et connexions. La mise en place de processus de résilience qui permettraient aux systèmes urbains de se régénérer, de se désensibiliser en tirant profit des situations n'est pas sans rappeler l'importance des connecteurs urbains, qu'ils soient sociaux, physiques ou encore fonctionnels.

En modifiant la perception des relations entre systèmes techniques et habitants, les systèmes urbains infiniment diversifiés et en même temps singulièrement uniques se retrouvent et se redéfinissent dans la complexité.

Interroger la question du lien, du flux, de la connexion, interroger les dimensions spatiales et temporelles du génie urbain nécessite d'interroger – au-delà des formes – les interfaces, connexions, interconnexions, déconnexions, non-connexions. C'est un formidable chantier que nous avons devant nous car, au-delà des connexions fonctionnelles pour partie explorées par les études sur les infrastructures critiques, qu'en est-il des connexions sociales, des éco-cycles, de la proximité des acteurs et de la proximité spatiale ? Comment concevoir la transformation des systèmes techniques vers des systèmes complexes développant des connecteurs (sociaux, physiques, fonctionnels multifonctionnels...) ? La reconnaissance de la complexité urbaine conduira-t-elle à engager des procédures de conception et de gestion participative où les retours d'expériences sur des situations singulières trouveront leur place ?

La complexité des processus d'innovation

Les sciences de la conception s'intéressent aux liens entre les sciences pour l'ingénieur, les sciences de gestion, l'ergonomie et le design industriel dans l'objectif de comprendre et modéliser les processus d'innovation afin de mieux les enseigner et d'en questionner le développement dans notre société¹.

Hervé Christofol

Secrétaire général du SNESUP-FSU
Chercheur au laboratoire Arts et
Métiers ParisTech (LAMPA)

Les recherches sur la compréhension des processus d'innovation industrielle ont permis de déconstruire la croyance dans un processus linéaire descendant qui organiserait les connaissances depuis celles de la recherche fondamentale vers la recherche appliquée puis de la recherche et développement vers l'innovation. Si les processus d'innovation mobilisent des connaissances issues des recherches amont, elles peuvent aussi en produire et générer de nouvelles problématiques.

.....
« L'innovation sort des modèles traditionnels linéaires, séquentiels, analytiques, tous typiques de l'économie taylorienne pour se fonder sur des processus complexes. »
.....

Comme de nombreux termes désignant des phénomènes complexes, l'innovation a une double acception. Elle désigne à la fois le processus qui mène d'une idée à un produit, un service, un procédé, un modèle ou une organisation innovante et le résultat de ce même processus. Outre la mesure du degré d'innovation d'un produit, il est pertinent d'évaluer la réorganisation engendrée par un processus d'innovation et ce, à plusieurs niveaux :

- celui des informations, des connaissances et des compétences nouvelles acquises par les acteurs au cours du processus et qui concernent l'objet de l'innovation ;
- celui des méthodes, des outils et des pratiques nouvelles expérimentées, mise en œuvre ou validées lors du processus et qui concernent l'organisation des projets d'innovation ;
- celui de l'apprentissage individuel et collectif du management d'un projet d'innovation et de ses liens avec les autres processus de l'organisation.

Ce sont les processus d'innovation qui nous préoccupent ici.

INNOVATION PLURIDIMENSIONNELLE

L'innovation est encore bien souvent définie selon un point de vue technologique ou commercial. Elle est aussi qualifiée d'incrémentale ou de rupture. Il serait plus juste de reconnaître la pluridimensionnalité fondamentale du processus qui lui est sous-jacent, les multiples points de vue scientifiques et disciplinaires nécessaires pour l'étudier ainsi que les échelles de mesure de ses résultats.

• L'innovation technologique (ou techno-push)

Dans un modèle linéaire de l'innovation typique du XX^{ème} siècle, la

mission de conception des innovations était initialement attribuée aux départements recherche et développement. (R&D). La recherche devait proposer des innovations « sur étagères » et le service développement devait les intégrer, soit tel quel, soit – le plus souvent – après une réingénierie plus ou moins intense lors de la conception des nouveaux produits. Ce modèle séquentiel *techno-push* est l'extrapolation du modèle scientifique linéaire qui se déploie depuis les sciences fondamentales jusqu'aux sciences appliquées, puis au développement de technologies innovantes. Mais, face à la réduction des délais de conception sous la pression du *time to market*, de nombreuses innovations ont « pris la poussière sur les étagères » sans que leur intégration dans les nouveaux produits n'ait été étudiée. Les indicateurs « coût, délai, qualité » n'incitaient pas les chefs de projet à prendre des risques.

• L'innovation stratégique

La poussée irréversible des tendances lourdes d'évolution du contexte socio-économique signe les générations de produits, de services et les générations de culture marketing et commerciale. On peut citer la prise en compte de l'environnement, du changement climatique, la poussée du *Green Tech* et celle du *Clean Tech* ou encore les questions de responsabilité sociale et éthique, les nouvelles formes de gouvernance d'entreprise et d'organisation. Avant

¹ Cet article s'appuie sur une communication faite lors du 8^{ème} congrès de l'Association européenne de systémique (Bruxelles, 2011).
http://aes.ues-eus.eu/aes2011/Entreprise_Christofol.pdf

Les sciences de la conception s'appuient d'une part sur les travaux de Donald A. Schön* pour l'étude empirique de l'activité cognitive et de l'organisation du travail des concepteurs et, d'autre part, sur les apports de Jean-Louis Le Moigne** pour la modélisation de la complexité des données recueillies.

* Donald A. Schön,
Educating the Reflective Practitioner. How Professional Think in Action, Basic Books, New York 1983

** Jean-Louis Le Moigne,
La modélisation des systèmes complexes, Afcet Système, Dunod, Paris 1990

d'en arriver à concevoir une réponse adéquate à chaque tendance lourde, ce sont de nouvelles valeurs profondes qui sont à l'œuvre dans la société dans son ensemble. Leurs cycles peuvent être plus ou moins longs, comme en témoigne la maturation de la conscience écologique. Les méthodes pour déceler, capturer et transformer les critères sous-tendant les nouvelles valeurs « montantes » ressortent de nouvelles stratégies encore peu étudiées².

• L'innovation marketing

La culture marketing du XX^{ème} siècle a successivement considéré le produit (saturant un marché), puis la demande (appelant à des produits) suivie par la personnalisation de cette demande, et enfin la notion de client-roi dictant ses préférences devenues récemment un client nécessairement au centre de toute la problématique de marché. Cette configuration change la notion d'offre et de demande en profondeur car elle reconsidère les liens dynamiques entre les diverses parties prenantes qui sont irréversibles par leur présence (montages de systèmes de valeur et non de chaînes de valeur) et leur modifications systémiques multidirectionnelles. On entre là dans le domaine de la complexité.

² On citera toutefois la discipline méthodologique dite « Océan Bleu » qui fut développée à l'INSEAD lors des années 1990 puis à Harvard. Voir par ex : <https://www.eyrolles.com/Chapitres/9782212562453/9782212562453.pdf>

• L'innovation commerciale

Un autre facteur est apparu avec la mise en réseau des acteurs socio-économiques vers la fin du siècle dernier. Le *web* a permis non seulement, de relier entre elles les parties prenantes d'un domaine donné, d'une chaîne logistique, d'un segment ou d'une niche de marché, mais aussi d'accroître la visibilité réciproque de ces mêmes acteurs, offrant ainsi des plateformes d'échange affranchies de la dimension physique. C'est ici que les modèles économiques entrent en jeu et font, depuis une dizaine d'années, l'objet d'intenses recherches théoriques et appliquées. Les nouveaux concepts d'entreprises sont désormais souvent des assemblages nouveaux entre parties prenantes révélant des poches de valeur encore inexplorées. Les plans d'affaire réinventent les chaînes de valeur amenant les utilisateurs à y contribuer parfois à leur insu en fournissant leurs données personnelles : « *si c'est gratuit c'est que c'est toi le produit* ».

• L'innovation d'usage

Une technologie sophistiquée ou une écoute des besoins des clients ne peut pas seule garantir l'acceptabilité d'une innovation ou son succès. L'*iPhone* et l'*iPad* ne sont ni les appareils les plus performants, ni ceux offrant le plus de services aux utilisateurs. Cependant, grâce à leur ergonomie et à la reconnaissance tactile digitale, à leur connexion à la plateforme de téléchargement *AppleStore*, ils ont séduit une majorité de clients dans le monde. On voit comment la prise en compte de critères ergonomiques (cognitifs et physiologiques), ludiques et sociologiques – convenant à la fois aux mondes du travail et des loisirs – est devenue nécessaire pour se différencier et séduire les utilisateurs des produits électroniques.

• L'innovation méthodologique

Jusqu'alors, les ingénieurs, designers et autres concepteurs essayaient de proposer des produits performants en répondant aux attentes des clients.

Que faut-il faire de plus aujourd'hui qui n'était pas fait auparavant ? Hier les services se succédaient temporellement pour travailler sur les nouveaux produits (ingénierie séquentielle) ; aujourd'hui, il est devenu nécessaire de travailler en équipe pluridisciplinaire dès l'amont des projets pour innover. Encore faut-il acquiescer une culture favorable à ce changement d'organisation des projets ; et comprendre que l'innovation est affaire d'opportunité et que personne ne peut savoir *a priori* où un concept va pouvoir être développé qui puisse devenir une innovation. Pour cela, de nombreux auteurs proposent de mettre en place non seulement une gestion de projets originale, mais également des méthodes de travail et des outils adaptés permettant à plusieurs métiers d'opérer simultanément et collaborativement (ou ensemble et concurremment).

• L'innovation managériale et organisationnelle

Les projets d'innovation se distinguent aussi par leur organisation interdisciplinaire, nécessitant l'implication simultanée et concurrente de plusieurs métiers historiquement distincts et cloisonnés du fait de la division du travail et la spécialisation des connaissances et des compétences. Innover aujourd'hui, c'est également concevoir une organisation *ad hoc* assurant le travail collaboratif et permettant la reconnaissance de l'investissement de chacun dans ces projets risqués.

• L'innovation sociale

En 1968, Jean Beaudrillard écrivait que les produits manufacturés s'étaient substitués aux relations humaines. Aujourd'hui, à l'heure où la consommation est de plus en plus remise en cause – entre autres pour des raisons écologiques –, l'innovation sociale a le vent en poupe. Elle consiste à développer de nouvelles solutions répondant aux besoins sociaux mal ou insuffisamment satisfaits. Les applications de co-voiturage



Méto - Kaohsiung, Taïwan. Station Formosa Boulevard, interstation des lignes Rouge et Orange.

ou de partage de biens, qui valorisent et intensifient l'usage de produits plutôt que leur acquisition, en sont de bons exemples.

ÎLOTS DE COMPLEXITÉ

Les dimensions qui viennent d'être évoquées ne peuvent apparaître indépendamment les unes des autres. Ainsi, par exemple, un modèle économique nouveau (tel que la plateforme de distribution *iBook* ou l'essor de la voiture électrique) est rendu possible par la confluence d'un standard de format de publication électronique (*ePub* ou réseau de bornes de recharge) et d'une technologie (affichage de type *iPad* ou batterie rechargeable). Aujourd'hui, de nouvelles approches pour développer et tester un produit de façon accélérée sont rendues possible sur les réseaux sociaux par la mise en relation d'une communauté de « *early adopters* » qui co-conçoivent et co-développent des solutions (logiciels libres, produits libres, jeux en réseaux...).

Si l'innovation est un processus multidimensionnel, c'est égale-

ment un processus qui prend du temps, depuis l'émergence d'idées jusqu'à la réussite et l'appropriation des solutions par des utilisateurs.

Le plus souvent, la valeur d'une innovation apparaît par la façon subtile et originale de mêler les dimensions. Les impacts sociaux et environnementaux – s'ils peuvent être simulés – dépendent, en grande partie, de l'échelle d'adoption de l'innovation et peuvent ne se révéler qu'à long terme. Des liens dynamiques entre plans, sous-espaces et hyperplans apparaissent, qui transforment la séquentialité des étapes en « îlots de complexité » où jouent des mécanismes de bouclage, d'accumulation, de couplage, de dynamiques de renforcement, typiques des systèmes dits complexes.

EDUQUER ET FORMER À L'INNOVATION

L'acculturation aux différentes méthodes et dimensions de l'innovation est un impératif pour toute entreprise contemporaine. Mais cette formation ne peut plus être

la seule éducation « de contenus ». L'impact en retour de l'intensification de l'usage des méthodes de créativité sur les méthodes d'éducation ne peut être ignoré. De disciplinaire, la formation devient multi/interdisciplinaire, voire transdisciplinaire. Et c'est dans sa totalité qu'elle vient à être altérée. La relation enseignant-apprenant est elle aussi modifiée par la prise en compte des boucles vertueuses d'apprentissage. On passe ainsi du paradigme de la bonne réponse à celui qui se centre sur la recherche de nouvelles questions.

Il convient de mettre en œuvre des méthodes pédagogiques susceptibles de mettre d'emblée l'élève en situation « d'acteur » dans les processus d'apprentissage, méthodes qui s'éloignent de la pédagogie classique de transmission/restitution. Cela implique que dans la formation à la conception, la part des cours magistraux traditionnels – laquelle a déjà diminué de façon très significative – continue à décroître au profit de pédagogies favorisant la pensée du complexe.

Des liens entre Université et systèmes complexes d'innovation sociale locale

Quelle est la nature des liens que peuvent entretenir une université avec des communautés faisant face à un choc extérieur générant une dynamique d'adaptation elle-même porteuse d'innovation sociale ? Jean-Paul Vanderlinden* et Omer Chouinard y répondent en présentant une dynamique d'accompagnement de projets générés par une demande des communautés côtières de l'est du Nouveau-Brunswick (Canada) confrontées à la fois à de nouvelles formes d'utilisation de l'espace marin et de l'espace littoral et aux impacts du changement climatique. Ils enchâssent leur démonstration dans une perspective systémique appliquée aux systèmes complexes d'innovation sociale.

Cette dynamique d'accompagnement a été mise en œuvre dans le cadre des activités d'enseignement et de recherche du programme de la maîtrise en études de l'environnement de l'université de Moncton. L'expertise mise à la disposition de la société acadienne littorale a pris des formes multiples : recherches « pures » et recherches-action menées par les membres de l'équipe de professeurs, étudiants réalisant leurs thèses de maîtrise, stages étudiants et ateliers publics...

Description sommaire des différents projets présentés et de leur contexte

Nature du choc ayant généré une demande pour de l'innovation sociale	Nature de l'innovation sociale générée	Nature de l'intervention demandée à l'équipe de la maîtrise en études de l'environnement	Nature de l'appui effectivement fourni par l'équipe du programme de la maîtrise en études de l'environnement
Passage de la pêche de capture pure à une dynamique d'ensemencement de bancs de pétoncles	Nouvelle dynamique de collaboration au sein d'une association professionnelle et entre cette association et différentes agences gouvernementales	Contribution à la définition de l'arrangement adéquat en termes de droits de propriétés sur les bancs ensemencés	Contribution à la compréhension de nature des défis que la dynamique d'innovation sociale génère tant en termes d'institutions, que de réseaux sociaux et d'apprentissages mutuels.
Développement rapide de l'industrie touristique	Mise en place de processus multisectoriels de collaboration pour la planification d'un développement touristique viable	Facilitation du processus de planification. Promotion auprès des bailleurs de fonds.	Facilitation des réunions liées au processus de planification. Intervention auprès de bailleurs de fonds privés et gouvernementaux. Réalisation de thèses.
Engouement des différents paliers de gouvernement pour la gestion intégrée	Mise en place de processus multisectoriels de collaboration pour la gestion des environnements marins et côtiers	Développement d'un plan de gestions intégrées pour un bassin versant. Analyse des défis de la mise œuvre de la gestion intégrée pour une agence gouvernementale	Développement d'un plan de gestions intégrées pour un bassin versant. Analyse des défis de la mise œuvre de la gestion intégrée pour une agence gouvernementale
Augmentation du niveau de la mer et de la fréquence des tempêtes dans un contexte de changements climatiques	Dynamique d'adaptation aux conséquences des chargements climatiques faisant appel à une nouvelle forme de gouvernance de la zone côtière.	Échange des informations entre les communautés locales et les chercheurs, échanges facilités par l'équipe du programme de la maîtrise en études de l'environnement	Outre les ateliers, on assiste à une plus grande participation de la société civile au débat lié à l'adaptation aux conséquences des changements climatiques.

L'exercice de réflexivité mené par les auteurs leur a permis de dégager trois pistes d'analyse : celle de la place qu'occupent les universités dans ce type de dynamique (les universités sont-elles partie du système ou contexte du système) ; celle de l'apport informationnel des universités et l'analyse de la complexification apportée par la participation des universités aux dynamiques d'innovation sociale ; celle du rôle que les universités peuvent venir jouer afin de réduire les incertitudes inhérentes aux systèmes complexes d'innovation sociale adaptative.

* Vanderlinden & Chouinard. Gestion intégrée des zones côtières du nord et de l'est du Nouveau-Brunswick, In A. Magord, *Adaptation et innovation : expériences acadiennes*. P. Lang, 2006.

Enseigner la complexité en biologie

Apprendre à tisser les liens entre les sous-disciplines biologiques, c'est approcher la complexité du vivant et former à penser le complexe pour développer une réflexion tout à la fois globale et critique.

Les sciences du vivant et de la santé se sont progressivement organisées sous forme de sous-disciplines qui adressent un ensemble de questions dans un domaine bien balisé. Ainsi, si l'on considère que le vivant va de la molécule à la société, en passant par différents niveaux de complexité, on associe à chaque niveau de complexité et à un type de questionnement un enseignement spécifique.

L'enseignement de la complexité consiste à ne pas enseigner la biologie comme une somme de faits et de connaissances séparées mais de tisser les liens entre ces différentes parties. L'objectif de cet enseignement est aussi de montrer que l'interaction entre les différents éléments du vivant fait émerger des propriétés nouvelles. Les interactions entre les éléments du vivant sont de trois types : échanges de matière, échanges d'énergie et échanges d'information.

Tisser les liens, c'est approcher la complexité du vivant et préparer l'étudiant à avoir une pensée complexe pour développer une pensée globale mais aussi une pensée critique.

Dans mon enseignement, la première étape consiste à amener l'étudiant à considérer la biologie comme un système auto-organisé et non pas comme un grand sac

dans lequel on met différents morceaux du vivant décrits selon différents points de vue. Un grand sac contenant l'ensemble des engre-

.....
« Un grand sac contenant l'ensemble des engrenages d'un réveil ne donnera pas l'heure. »
.....

nages d'un réveil ne donnera pas l'heure. Cela passe par une vue globale et systémique du vivant. Il faut partir d'une présentation générale du vivant, en découpant les différents niveaux d'étude du vivant mais sans les séparer, et considérer les trois types de flux qui peuvent exister entre les niveaux de complexité et à l'intérieur d'un même niveau.

La deuxième étape est l'enseignement d'une stratégie pour aborder une problématique biologique de manière globale. Cela se décline en trois phases :

- énumération des éléments du système biologique étudié ;
- relation entre les différents éléments du système selon le type d'échange qui existe ;
- quantification du flux de ces échanges, qu'il soit matériel, énergétique ou informationnel.

La troisième étape va avoir

Jacques Haiech

Professeur de biotechnologie
à l'Université de Strasbourg

Membre du Bureau national du Snesup

pour objectif de donner les instruments intellectuels et techniques pour implémenter la stratégie précédente en y associant les outils et les stratégies suivantes :

- la construction, la gestion et l'alimentation d'une base de données pour la phase 1 ;
- la représentation des faits récoltés en phase 2 sous forme de réseaux ou graphes et l'analyse des propriétés du ou des réseaux obtenus. Un graphe représente les éléments d'un système biolo-

De la molécule à la société

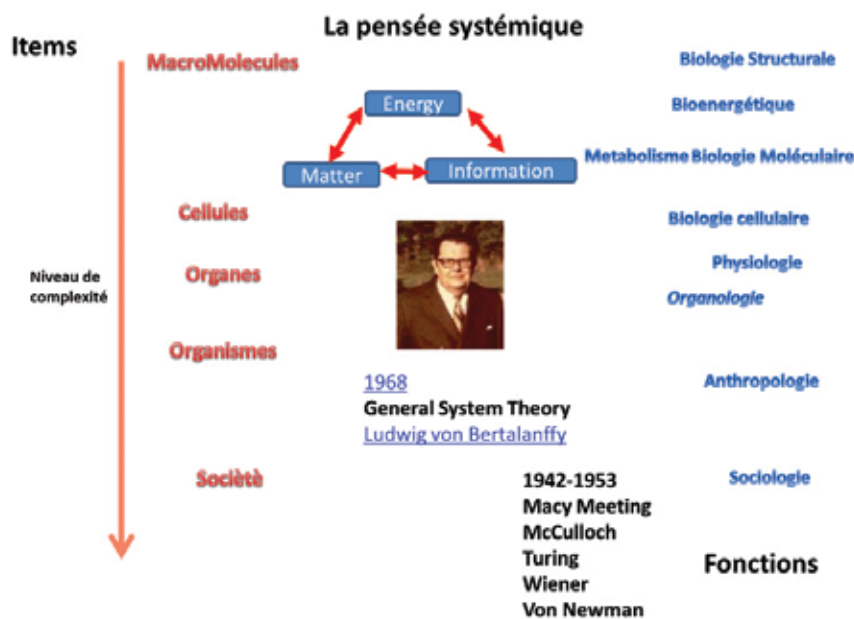
- Les macromolécules biologiques et leurs caractérisations physico-chimiques constituent la biochimie ;
- Les macromolécules et leurs caractérisations structurales relèvent de la biologie structurale ;
- Les macromolécules et leurs caractérisations informationnelles sont enseignées en biologie moléculaire ;
- Les différentes cellules d'un organisme et leurs organelles font l'objet du cours de biologie cellulaire ;
- Les organes et leurs rôles sont étudiés en physiologie ;
- Le comportement individuel d'un individu est abordé en psychologie alors que son comportement social l'est en sociologie.

gique sous forme de points appelés nœuds et les relations entre éléments sont appelées arêtes. On peut imaginer un réseau social constitué d'individus (les nœuds) reliés par des arêtes (si deux individus sont des amis). L'analyse d'un réseau permet de voir s'il existe plusieurs communautés et le rôle particulier de certains individus (médiateur, réseuteur, nucléateur...);

- enfin, la dernière phase a pour but de quantifier les flux d'échanges entre les nœuds du réseau. Cela passe par l'utilisation de différents outils venant, entre autres, des mathématiques appliquées.

Idéalement, l'étudiant se construit une boîte à outils lui permettant, à partir d'un questionnement sur un système biologique, de pouvoir d'abord rassembler, nettoyer et structurer un *corpus* de données, puis d'établir le réseau d'interactions entre les différentes données et, enfin, d'analyser et modéliser les différents flux.

Dans cette boîte à outils, on trouve des outils de fouille de données et de production de données biologiques, de théorie des graphes et les méthodes



biotechnologiques pour objectiver les relations entre éléments de biologie et de mathématiques appliquées pour construire un modèle prédictif du système biologique étudié (une cellule ou une lignée cellulaire, un organe comme l'œil ou le cœur, un organisme, une société).

Il faut pouvoir faire des allers retours incessants entre la vision globale et la vision réduite du système biologique. L'étudiant doit

être un acteur de la formation et participer au tissage des données et concepts qui sont présentés dans les livres de manière séparés.

Enfin, l'utilisation de stratégies et techniques appartenant à différentes disciplines nécessite de déconstruire un cadre qui a contraint l'étudiant dans ses années de collège et de lycée (hiérarchie des disciplines, fragmentation de la connaissance, énumération de faits sans un travail sur les relations).

Cet enseignement prend ses racines dans les idées d'Edgar Morin qui, elles-mêmes, sont en lien avec la théorie générale des systèmes de Ludwig Von Bertalanffy¹ et le concept d'auto-organisation de Norman Wiener². Avec ce type d'enseignement, j'espère un développement de l'esprit critique de mes étudiants, sinon, au moins, une forme de révolte.



« Dans cette boîte à outils, on trouve des outils de fouille de données et de production de données biologiques, de théorie des graphes et les méthodes biotechnologiques pour objectiver les relations entre éléments de biologie et de mathématiques appliquées pour construire un modèle prédictif du système biologique étudié. »

¹ Ludwig Von Bertalanffy, *Théorie générale des systèmes*, nouvelle édition 2012, Dunod.

² Norman Wiener, *La Cybernétique - Information et régulation dans le vivant et la machine*, Seuil, 2014.

La question de la complexité en sciences sociales : imprévisibilité et émergence

Le monde social – par essence complexe – ne peut être compris à travers des modélisations déterministes ; ce qui n'interdit pas que des notions caractéristiques des systèmes physiques, telles que l'imprévisibilité ou l'émergence, ne puissent être utilisées pour le décrypter. Il s'agit de penser comment intégrer, dans les sciences sociales, les aspects les plus intéressants des notions relatives à la complexité.

Michel Grossetti

Sociologue, CNRS

Laboratoire interdisciplinaire solidarités, sociétés, territoires (LISST)

Les sciences sociales regroupent des disciplines qui prennent pour objet les activités humaines. Elles sont donc confrontées à une complexité particulière puisque leurs « objets d'études » sont capables de lire les travaux des chercheurs, de les contester et de modifier leur comportement en fonction de ceux-ci. Cela engendre des spécificités importantes, en particulier l'impossibilité de définir des « lois » qui seraient équivalentes aux lois de la physique. Il existe des régularités dans les activités sociales, régularités que les chercheurs s'efforcent de documenter, mais ces régularités ne peuvent être prédites sur la base d'équations déterministes. Elles peuvent simplement être déterminées par l'observation et interprétées avec prudence. Les seules « lois » du monde social sont des lois humaines, décidées par des humains et respectées ou contournées par des humains. Par ailleurs, l'identité de nature entre les chercheurs et leurs objets procure à ces derniers des possibilités spécifiques, comme la compréhension par interprétation des logiques d'action des personnes qu'ils étudient.

Ces spécificités des sciences sociales ont plusieurs conséquences

en ce qui concerne la question de la complexité. Tout d'abord, celle-ci ne naît pas nécessairement, comme dans les phénomènes biophysiques, de l'interaction de nombreuses entités, même si cela peut se produire. Les entités sociales, même les plus « élémentaires », sont déjà complexes et partiellement imprévisibles. Elles peuvent générer de la complexité notamment par leurs conflits. Ensuite, les comportements sociaux étant fondamentalement non déterminés, les modèles déterministes ne s'appliquent pas au monde social, sauf dans certains cas très rares où ils peuvent constituer des approximations intéressantes. En revanche, ce monde n'est pas exempt de régularités, qui résultent principalement des systèmes de ressources et de contraintes auxquels les personnes sont confrontées (encadré).

Si l'on ne peut pas, en général, « appliquer » des modèles mathématiques du type de ceux qui sont utilisés pour les systèmes dynamiques, certaines notions des travaux sur la complexité peuvent être trans-

posées aux sciences sociales, en les redéfinissant sur la base des spécificités de ces sciences. Je discute dans ce qui suit deux notions : l'imprévisibilité et l'émergence.

FORMES DE L'IMPRÉVISIBILITÉ

Dans le monde social, l'imprévisibilité n'est pas synonyme de désordre. Elle contribue même souvent à l'établissement et au maintien de l'ordre social. L'imprévisibilité peut, en effet, être organisée et planifiée. C'est ce que l'on pourrait appeler le modèle du

Les régularités du monde social se détectent assez bien avec des analyses statistiques classiques, ce qui signifie que, dans certaines conditions, la loi des grands nombres fonctionne. L'accumulation des études statistiques en sciences sociales montre également une particularité importante : on ne trouve qu'exceptionnellement des distributions gaussiennes, le plus habituel étant de trouver des distributions de type Pareto ou LogNormal. Ce sont des distributions qui signalent en général des phénomènes de cumulativité (les riches s'enrichissent, ceux qui sont déjà célèbres ont plus de chances que d'autres de le devenir encore plus, etc.).



« L'imprévisibilité peut, en effet, être organisée et planifiée. C'est ce que l'on pourrait appeler le modèle du carrefour : les issues sont prévues, le moment du choix est déterminé, mais l'orientation vers une ou l'autre des voies possibles est imprévisible. »

carrefour : les issues sont prévues, le moment du choix est déterminé, mais l'orientation vers une ou l'autre des voies possibles est imprévisible. Dans de très nombreuses situations de la vie sociale, les acteurs s'accordent ainsi sur l'organisation d'un moment particulier de décision dont l'issue est conçue au départ comme imprévisible. A un niveau collectif, il en est ainsi des élections : on connaît le jour du vote mais on ne peut pas prévoir avec certitude les résultats, malgré la précision des sondages, et surtout, on ne veut pas que ceux-ci soient parfaitement prévisibles puisque cela signifierait que la liberté de vote n'est qu'un leurre.

Dans le deuxième type de cas, la situation imprévisible peut se produire sans qu'on s'y attende, mais on dispose d'avance d'un certain nombre de réponses possibles. Au niveau des parcours individuels, un des cas les plus simples est la maladie, imprévisible dans le temps (en général, on ne prévoit pas de tomber malade à un moment précis), mais pour laquelle des réponses insti-

tutionnalisées existent (prise en charge par le système de santé). Le chômage est à cet égard une situation similaire : les futurs chômeurs ne prévoient pas de perdre leur emploi, mais on sait que cette situation peut se produire et il existe des structures pour les traiter (et accessoirement les rendre socialement acceptables). Dans les deux cas, la prévision collective de ces situations imprévisibles au niveau individuel se traduit par l'existence de procédures destinées à gérer la situation et de spécialistes pour qui ce qui est une catastrophe ou un moment de grande incertitude pour les personnes concernées se présente comme une situation routinière comportant des issues plus ou moins prévisibles.

Ces deux premiers types correspondent au « risque » tel que le définissait l'économiste Frank Knight¹. L'existence d'une gamme finie d'issues possibles, et aussi d'ailleurs de causes ou d'« ingrédients » de la situation,

¹ Frank Knight (1885-1972) est un des pères fondateurs de l'école de Chicago. En 1921, il propose une distinction entre le risque et l'incertitude dans *Risk, Uncertainty and Profit*.

rend possible une formalisation des situations et l'usage des calculs de probabilité. Dans les deux types suivants cette possibilité n'existe pas ou très peu. Pourtant, les participants peuvent disposer de certaines informations qui « cadrent » les situations.

Ainsi, dans le troisième type de situation, le moment peut être prévu, mais les issues de ne sont pas délimitées au départ. Au niveau macro, on peut penser aux négociations diplomatiques, ou encore aux négociations collectives de toutes sortes, dont le déroulement est programmé dans le temps mais dont les issues sont ouvertes. On peut aussi intégrer à ce troisième type les phases classiques de transition dans les parcours de vie comme l'entrée dans la vie adulte, la retraite, etc. Le moment de ces transitions est modulable mais plus ou moins prévisible. L'entrée dans l'âge adulte prend des formes variables, s'étale dans le temps, mais il est inévitable de sortir de l'enfance et certains moments de cette transition sont très encadrés par les législations (âge de la majorité, droit de

vote, responsabilité pénale, etc.) et les institutions.

Enfin, quatrième et dernier type, un changement peut s'opérer sans que les acteurs impliqués l'aient collectivement envisagé. La situation échappe à toute programmation et les conséquences se révèlent aussi inattendues pour tout le monde. Dans les parcours de vie, il arrive souvent, même si ce n'est pas le seul cas de figure, que l'instabilité et l'imprévisibilité naissent du recouvrement, dans une même situation, de contextes d'activité normalement bien distincts : la vie professionnelle, la vie familiale, la santé, etc. Si deux conjoints travaillent ensemble, une séparation familiale peut avoir des conséquences professionnelles importantes.

Cette superposition de contextes qui pourraient être distincts est un enjeu important que les acteurs perçoivent d'ailleurs très bien (« *on ne fait pas d'affaires avec des amis* ») et qui est une sorte d'équivalent des séries causales à partir desquelles le mathématicien Cournot définissait la notion de hasard. Dans chaque contexte pris séparément, les acteurs, comme les observateurs, peuvent plus ou moins anticiper ce qui va se produire, cantonner le risque dans des limites acceptables, prévoir des options de réponse à certaines situations. Lorsque les contextes commencent à se recouvrir, les choses deviennent plus difficiles à maîtriser, les imprévisibilités se multiplient, une instabilité peut devenir rapidement maximale.

Une situation peut évoluer pour passer d'un type d'imprévisibilité à un autre. Par exemple, un échec scolaire peut entraîner des problèmes familiaux, une déscolarisation et une situation de crise plus ou moins grave (passage d'une situation de type carrefour de

type 1 à une situation de crise de type 4). Les bifurcations amorcées par des problèmes de santé correspondent bien à ce cas de figure : l'événement de santé cristallise des problèmes multiples et irrigue d'autres sphères d'activité (notamment celle du travail) jusqu'à provoquer une réorganisation importante des activités.

A l'inverse, une situation aux issues imprévisibles (type 3 ou 4) peut se transformer progressivement en un choix réduit à quelques options bien définies (types 1 ou 2). C'est probablement ce qui se produit le plus fréquemment pour les situations telles que les transitions entre cycles de vie : elles commencent avec des issues peu cadrées mais évoluent ensuite vers des situations du premier et du deuxième type par resserrement des horizons et abandons de certains mondes possibles.

PROCESSUS D'ÉMERGENCE

La notion d'émergence est rarement théorisée en tant que telle dans les sciences sociales, même si le terme est couramment utilisé pour désigner des changements sociaux qui s'amorcent. Lorsqu'elle fait l'objet d'une explicitation théorique, la notion peut être rattachée à des approches très différentes selon les auteurs qui l'emploient. Elle a été mobilisée explicitement par des spécialistes de l'analyse des réseaux sociaux, un courant de recherche qui analyse les phénomènes sociaux en partant du niveau « dyadique », autrement dit les relations entre deux entités. Pour les « analystes de réseaux », les relations émergent des interactions et leur ensemble constitue un réseau, lequel structure le monde social. Je présente ici deux cas de figure dans lesquels des collectifs (des ensembles de personnes ou d'organisations partageant des ressources) émergent à partir de réseaux.

Polarisation des réseaux : les marchés de White

Harrison White², qui est considéré comme l'un des principaux contributeurs de l'analyse des réseaux sociaux, a développé la notion d'équivalence structurelle, qui consiste à évaluer la similarité de position dans un réseau social. On part des relations et non des caractéristiques des individus pour définir leurs positions respectives. White a dérivé de la notion d'équivalence structurelle une théorie des marchés dans laquelle des firmes concurrentes ayant les mêmes fournisseurs ou les mêmes clients, et qui se trouvent en situation d'équivalence structurelle dans le réseau, en viennent à négliger de plus en plus les échanges bilatéraux pour se concentrer sur des ajustements fins entre elles concernant les prix et les quantités, ce qui s'accompagne de la constitution de références partagées sur la qualité des produits. Elles s'ajustent en permanence les unes aux autres pour conserver leur position, un peu comme le feraient des poissons d'un même banc ou des oiseaux migrateurs qui volent ensemble.

C'est ce que l'on peut appeler un processus de polarisation du réseau. Le « marché », pour lequel White utilise souvent la métaphore de la molécule, fonctionne alors comme un ensemble solidaire et il n'est plus réductible au réseau. Il a émergé comme forme sociale spécifique. Cette théorie est particulièrement adaptée à la compréhension de la formation des prix et également de certaines crises économiques où les comportements mimétiques amplifient les difficultés.

Densification des réseaux : les spécialités scientifiques

Un collectif peut également émerger à partir de la densification des

² Voir Michel Grossetti et Frédéric Godart, « Harrison White : des réseaux sociaux à une théorie structurale de l'action », *SociologieS*, <http://sociologies.revues.org/233>

réseaux. Une étude sur la constitution des spécialités scientifiques, en l'occurrence la biologie moléculaire, peut aider à le comprendre. Partant de données historiques sur les échanges de correspondances et les publications des chercheurs de ce domaine, l'auteur de cette étude, le sociologue des sciences Nicholas Mullins³, distingue quatre étapes dans le processus de constitution d'une spécialité.

Dans la première étape, des scientifiques, qui n'entretiennent pas de relation directe, s'intéressent à des problèmes similaires, parfois parce qu'ils ont été marqués par une même lecture. C'est l'étape correspondant à ce que Mullins appelle le « *groupe paradigmatique* ». Connectés par le système de communication spécifique à ce monde (les publications dans ce cas), ceux qui s'intéressent aux « secrets de la vie » commencent à se repérer mutuellement et à entrer en contact, à nouer des relations « dyadiques » (à deux) ou « triadiques » (à trois). Certains s'écrivent ou se voient, d'autres vont jusqu'à écrire des articles ensemble.

En systématisant ces indices relationnels, Mullins fait apparaître ce qui constitue sa deuxième étape, celle du « *réseau de communication* ». C'est donc un réseau social. Par groupes de deux ou trois, les scientifiques commencent à homogénéiser leur vocabulaire, à construire des fragments de paradigme. Ils construisent ainsi des ressources nouvelles, qui contribuent à la dynamique de leurs relations. Le réseau est fragile : si certains participants cessent leurs activités, si certaines relations se rompent, il peut disparaître. Les participants sont très peu substituables.

A force d'échanger des correspondances, de publier des articles convergents, de renforcer leurs relations et d'en créer de nouvelles, les chercheurs finissent par prendre conscience de former un collectif. Ils se dotent d'un nom, de règles internes, d'outils de communication. Simultanément, les fragments de paradigme (méthodes, notions communes, matériau de recherche) qui ont été constitués au sein des petits groupes existant dans la phase du réseau sont mis en chantier dans le contexte collectif nouveau (c'est le temps des colloques fondateurs, des numéros de revue programmatiques, etc.). Les ressources créées deviennent de plus en plus collectives et consubstantielles à l'existence du groupe.

LA COMPLEXITÉ AU-DELÀ DES MODÈLES

Ce ne sont là que deux exemples. Les processus d'émergence sont très fréquents dans le monde social : des relations interpersonnelles émergent de collectifs au sein desquels elles s'étaient formées ; des collectifs émergent par fragmentation de collectifs

existants ; etc. Ils sont pris en tension avec des processus contraires de dissolution pour constituer la dynamique fondamentale du monde social.

Les idées discutées au sein du thème général de la complexité ont des origines diverses, de la philosophie britannique de la fin du XIX^{ème} siècle où est né le concept d'émergence aux modèles mathématiques utilisés pour étudier les systèmes dynamiques, en passant par les considérations théoriques d'un essayiste comme Edgar Morin. Ces idées peuvent s'exprimer en langage naturel ou en langage mathématique. Lorsque l'on cherche à les utiliser pour comprendre le monde social, on ne peut pas s'en tenir à leurs expressions mathématiques, même si ce n'est pas à exclure bien sûr. Les méthodes des sciences sociales étant en grande partie qualitatives (observations, entretiens, analyses de sources), il faut imaginer des façons d'y intégrer les aspects les plus intéressants des notions relatives à la complexité. Les exemples présentés très succinctement dans ce texte peuvent donner lieu aussi bien à des analyses qualitatives qu'à des modélisations.



Depuis quelques années, les sujets de complexité et de désordre font l'objet de nombreuses études. L'originalité de cet ouvrage tient à son ouverture sur cette activité « en devenir » dans un large éventail de disciplines. Des contributions issues d'expertises très différentes ont été sélectionnées pour faire avancer la compréhension des phénomènes par des fertilisations croisées. Dans chaque nouveau chapitre, c'est un nouvel expert qui formule ce qu'est, à ses yeux, la complexité dans son champ d'action. On voit ainsi apparaître, au fil des chapitres, la puissance et la diversité de l'aléatoire, les limites entre les concepts de complexité et de désordre, les

transitions de phase dynamiques avec des aspects prédictifs...

L'intérêt pour le lecteur est de découvrir par lui-même l'existence de similarités entre des phénomènes et des champs thématiques différents. Il pourra ainsi acquérir un vrai recul sur les concepts de complexité et de désordre.

L'ouvrage est destiné à un public cultivé possédant quelques bases scientifiques lui permettant de se forger une opinion étayée.

Complexité et désordre - EDP Sciences

Sous la direction de Jean-Claude S. LÉVY

EDP Sciences - Collection : Grenoble Sciences - mars 2016

³ Nicholas C. Mullins, 1972. *The development of a Scientific Specialty : the Phage Group and the Origins of Molecular Biology*, *Minerva*, vol.19, 1972.

De la complexité à la connexion, le défi des sciences sociales

La sociologie suppose l'affirmation d'une totalité, la société, qui donne son sens aux faits sociaux observés, faits qui regroupent l'ensemble des activités humaines. Ainsi, les actes individuels doivent être compris comme faits sociaux : ce ne sont ni le hasard, ni la singularité qui leur donnent sens, mais la connexion, c'est-à-dire l'inscription de tous les faits humains dans un ensemble signifiant.

Christophe Pébarthe

Maître de conférences en histoire,
université Bordeaux Montaigne

La complexité semble l'apanage des sciences sociales, tant pour celles et ceux qui les pratiquent que pour celles et ceux qui les observent depuis les sciences naturelles. Aux lois physiques et au déterminisme qu'elles induisent correspondraient des réalités sociales complexes, forcément complexes. Les chercheurs et chercheuses en sciences sociales ont, de ce fait, pu avoir l'impression de prendre leur revanche lorsque la réalité naturelle a soudain perdu son apparente simplicité mathématique pour devenir, à son tour elle aussi, complexe. Les sciences seraient ainsi depuis le XX^{ème} siècle, toutes sans exception, condamnées à la complexité.

Il convient de souligner que cette condamnation ne trouve pas son origine dans une réflexion épistémologique mais bien dans une prise de position ontologique. Le débat premier porte sur la nature de la réalité, non sur les conditions de possibilité de sa saisie par l'esprit humain. Toutefois, la défense de la complexité voisine souvent avec une position d'hostilité radicale à

l'encontre des explications scientifiques qui, précisément parce que les sciences prétendent toujours expliquer, apparaissent réductrices, sinon suspectes. Tout comme la vérité, la réalité serait ailleurs, insaisissable, ou du moins suffisamment saisissable pour être décrétée complexe, définitivement complexe. La complexité signifierait donc l'abandon définitif de la prétention des êtres humains à comprendre le monde qui les entoure, du moins par le recours aux sciences naturelles et sociales.

UNE RÉALITÉ SOCIALE COMPLEXE ?

Mais n'est-ce pas réduire la complexité que de l'associer aux remises en cause des sciences dans leur ensemble, que de la mettre en regard, même implicitement, avec la popularité galopante des remises en cause de la rationalité scientifique ? Pour répondre à cette question, il est nécessaire de préciser ce qu'implique le postulat d'une réalité complexe. Au préalable, précisons que la réalité sociale pose un problème spécifique à cet égard car si, pour beaucoup, la réalité physique est hors

d'atteinte en raison de la complexité des outils mathématiques qu'il faut maîtriser pour prétendre la saisir, le monde social semble s'offrir au regard de toutes et tous comme un livre ouvert, dont le déchiffrement ne requiert que curiosité et expériences. Le sens commun, c'est-à-dire la connaissance préreflexive de la société, interdit de prime abord toute théorie de la complexité. Fleurissent alors d'innombrables discours prétendant en toute simplicité livrer les vérités dernières et ultimes des faits sociaux.

À ce premier niveau d'analyse correspond, cependant, une conception de la complexité. Affirmer, en effet, que le hasard et le désordre font partie de la réalité sociale revient à décréter celle-ci imprévisible, inexplicable et irréductible à la raison humaine. Cette affirmation est particulièrement ambitieuse puisqu'elle règle en une seule proclamation des questions épistémologiques majeures – le réel est connaissable – et adopte une position ontologique forte sur ce qu'il en est de la réalité. Celle-ci ne dépasse pas la capacité cognitive des êtres humains, elle est par

nature complexe. Ce premier pilier d'une définition robuste de la complexité requiert donc une forme de prévision sur l'imprévisibilité de la réalité sociale. Rien ne doit donc se passer comme prévu.

Un deuxième pilier est constitué par la singularité. Aux êtres humains saisis comme êtres sociaux, il conviendrait de substituer des individus singuliers, insaisissables sinon comme autant de singularités. Il en irait de même des sociétés dans leur ensemble qui ne seraient que des individualités historiques. Le contexte de chacune d'entre elles serait indépassable et incommensurable, ce qui interdirait une comparaison « toutes choses égales par ailleurs ». Toute science sociale est alors impossible sauf à l'envisager comme succession d'idiographies, de discours singuliers sur des expériences socio-historiques singulières. La perspective scientifique se dissout de fait, puisqu'elle ne saurait accepter que chaque objet eût à dire les mots pour le saisir. Comme le notait jadis déjà Gaston Bachelard, « *l'observation scientifique est toujours une observation polémique ; elle confirme ou infirme une thèse antérieure, un schéma préalable, un plan d'observation ; elle montre en démontrant ; elle hiérarchise les apparences ; elle transcende l'immédiat ; elle reconstruit le réel après avoir reconstruit ses schémas¹* ».

UNE RÉALITÉ SOCIALE INCONNAISSABLE ?

Quand le hasard conduisait à affirmer le réel connaissable d'une certaine manière, la singularité induit une réalité sociale définitivement inconnaissable, puisque rétive à toute forme de conceptualisation. Certes, des solutions épistémologiques ont été proposées, en par-

ticulier par Jean-Claude Passeron dans *Le raisonnement sociologique*. Aux concepts *polymorphes*, formalisant la réalité au point de la dissoudre dans une théorie abstraite, il oppose des concepts *sténographiques*, termes forgés à partir d'une étude particulière. Si ceux-ci constituent des « îlots d'intelligibilité sémantiquement autosuffisants », ils n'en interdisent pas moins toute prétention scientifique *stricto sensu* puisqu'ils interdisent toute généralisation : « *chaque recherche sociologique doit inventer, à partir de ses propres questions, une sociographie à sa mesure, qui ne saurait transmettre telle quelle à une autre recherche la pertinence de ses découpages conceptuels les plus fins²* ».

Il est frappant de constater que la complexité du monde social correspond à la vision néolibérale du monde. Le hasard interdit le déterminisme sociologique ; il est la condition de l'égalité des chances dont le vrai visage est la naturalisation de la malchance, c'est-à-dire la justification des inégalités sociales par le mérite individuel, reconduit au talent, c'est-à-dire à l'inné, raison ultime de l'être humain. La singularité en est le corollaire puisque, dès lors, il n'y a pas d'échappatoire au libre arbitre, sauf à biologiser les individus, voire à les raciser. Elle autorise la responsabilité de chaque individu qui choisit sa vie. Par ce choix qui lui est prêté, il devient responsable à jamais de ce qui lui arrive. Du moins, nulle responsabilité collective ne peut être convoquée. L'assise même du droit social s'en trouve menacée³. Une citation d'Edgard Morin suffira à faire apparaître les accointances profondes entre la défense de la complexité et une certaine manière de voir le monde : « *Ainsi,*

nos sociétés historiques contemporaines s'auto-organisent à la fois à partir d'un centre de commandement/décision (État, gouvernement), de plusieurs centre d'organisation (autorités provinciales, municipales, entreprises, partis politiques, etc.) et aussi des interactions spontanées entre groupes et individus⁴ ».

S'il ne s'agit pas de récuser la complexité au nom de la vision politique du monde social qui l'informe, il convient toutefois d'interroger la possibilité d'une saisie scientifique du monde social qui autoriserait d'autres visions politiques. Du reste, au moment de son émergence en France, la sociologie marchait main dans la main avec le socialisme. Certes, dans le cours qu'il consacre à ce dernier en 1895-1896, Émile Durkheim se garda bien de prendre pour science l'idéal socialiste qu'il se contentait d'inscrire dans la réalité sociale de son temps. Il observait néanmoins que le socialisme nécessitait un renouvellement de la connaissance du monde social. En problématisant le social, en ne se contentant pas des prénotions, les doctrines socialistes voisinaient avec la science sociale naissante. Bien plus, elles proposaient une vérité du monde social, même si sa démonstration scientifique n'était pas toujours faite puisque le socialisme n'était pas la sociologie. C'est en tant qu'intuitions qu'elles permettaient d'envisager des manières autres de comprendre la société. En particulier, au libéralisme qui affirmait la séparation naturelle entre l'économie et les autres activités sociales, le socialisme opposait « *le rattachement de toutes les fonctions économiques, ou de certaines d'entre elles qui sont actuellement diffuses, aux centres directeurs et conscients de la société⁵* ». Mais

² *Le raisonnement sociologique*, Paris 2006, p. 118 et 120.

³ Il faut ici se reporter aux travaux majeurs d'Alain Supiot.

⁴ « Le défi de la complexité », *Chimères* 5-6, 1988, p. 5.

⁵ É. Durkheim, *Le socialisme*, Paris 1992, p. 49.

¹ *Le nouvel esprit scientifique*, Paris 1934, p. 16.

Congrès mondial pour la pensée complexe



La Commission Nationale Française pour l'UNESCO organisait en 2016, avec l'Association pour la pensée complexe et le Ministère de l'Éducation nationale de l'enseignement supérieur et de la recherche, un Congrès mondial consacré à Edgar Morin et à la pensée complexe. Le Congrès mondial pour la pensée complexe avait pour mission d'associer tous ceux qui s'attachent à développer la prise de conscience des problèmes vitaux et globaux que rencontre l'humanité sur notre planète ; prise de conscience à laquelle fait aujourd'hui obstacle la prépondérance de la pensée unilatérale, réductrice, fragmentée, manichéenne. Il avait pour objectif de mieux appréhender la complexité des grands problèmes mondiaux, mettant en péril la survie de l'individu, de la nature et de la société.

<http://www.intelligence-complexite.org/fr/activites/manifestations.html>

Les vidéos de ce congrès sont disponibles ici :
<http://url.snd40.ch/visu-6411E4A8-B688-42FB-A779-72E29492-8FE7-816961675-1187850-19092017.html>

pour ce faire, il avait besoin de la sociologie qui énonçait qu'il n'existait pas de lois de l'économie autre que sociales. Autrement dit, les activités économiques sont prises, irrémédiablement, dans le monde social qui les accueille.

UNE RÉALITÉ SOCIALE CONNECTÉE

La sociologie suppose donc l'affirmation d'une totalité, la société ou monde social, qui donne son sens en dernière instance aux faits sociaux observés, faits qui regroupent toutes les activités humaines. Toutefois, précisait Émile Durkheim, « *un tout n'est pas identique à la somme de ses parties, quoique sans elles il ne soit rien* ». De cette considération ontologique, il en déduisait une conséquence épistémologique. « *Les phénomènes moraux, juridiques, économiques, politiques* » sont pris dans un « *consensus universel* », comme l'écrit Auguste Comte⁶ ; ils ne peuvent donc être étudiés séparément. Ils constituent autant de « *faces différentes d'une même réalité vivante, la société* »⁷. Il convient donc de

subordonner la complexité des phénomènes sociaux, qu'ils soient ou non reconduits à des phénomènes individuels, à une ontologie du social, celle de la *connexion*⁸.

À l'origine même de la sociologie, entendue comme science des faits sociaux, figure le geste fondateur d'Émile Durkheim consistant à affirmer d'une part l'existence d'un niveau de réalité, la réalité sociale, irréductible à toutes les autres réalités, notamment biologiques et psychologiques et, d'autre part, la nécessité d'une science nouvelle. Avec son étude consacrée au *Suicide* (1897), il en prouvait l'existence. Il était donc possible de voir le social, du moins ses manifestations, en recourant aux statistiques⁹. Dès lors, la rupture entre l'individu et le social qu'il fallait proclamer pour faire naître la sociologie cessait d'être nécessaire. L'acte individuel et solitaire du suicidé ou de la suicidée pouvait être saisi – et devait l'être même, pour en rendre compte scientifiquement – comme fait social : ni le hasard, ni la singularité donc mais bien la connexion, c'est-à-dire l'inscription de tous les faits humains dans un ensemble qui leur donne sens. Dès lors, il est possible d'expliquer la réalité humaine et même de faire des prédictions à son sujet, sans faire disparaître une certaine liberté individuelle. Car, de la même façon qu'il faut connaître la gravité pour envisager la construction d'un avion, c'est la connexion des faits humains dans le social qui autorise la prétention de changer le monde.

⁶ Cours de philosophie positive, IV, p. 234.

⁷ E. Durkheim, *La science sociale et l'action*, Paris 2010, p. 93-95.

⁸ Cf. à présent Fr. Nef, *L'Anti-Hume. De la logique des relations à la métaphysique des connexions*, Paris 2017.

⁹ Cf. plus généralement M. Halbwachs, « La loi en sociologie », in : *Science et loi*, Paris 1933, p. 173-196.

Quelques questions sur les recrutements dans l'enseignement supérieur...

Pour ceux qui s'engagent dans un travail de thèse, la perspective est souvent assez simple même si elle est pleine d'embûches : derrière le doctorat, une carrière académique à l'université. Pourtant, tout n'est pas écrit d'avance. Comme le montrent les données rassemblées ici, tous les enseignants du supérieur n'ont pas suivi le même cursus, et tous n'enseignent pas aux mêmes étudiants. En outre, les épreuves à franchir varient nettement selon les disciplines...

Florence Audier

Laboratoire Statistique, Analyse, Modélisation multidisciplinaire (SAMM),
Université Panthéon-Sorbonne

Les enseignants du supérieur sont-ils moins nombreux aujourd'hui qu'il y a quelques années ?

Tout dépend du recul que l'on prend pour en juger. Alors que les enseignants du supérieur dépendant du ministère de l'Enseignement supérieur et de la recherche sont au nombre de 89 595 en 2017... ils n'étaient que de 54 133 en 1992. En vingt-cinq ans, les effectifs d'enseignants du supérieur ont donc augmenté de 66 %, avec de fortes différences selon les « positions » : + 39 % pour les professeurs, + 70 % pour les maîtres de conférence, + 71 % pour les professeurs agrégés (PRAG) et autres détachés du secondaire, et même + 96 % pour les attachés temporaires d'enseignement et de recherche (ATER), doctorants moniteurs, contractuels... croissance qui accompagne le développement des tâches d'enseignement confiées aux thésards et aux jeunes docteurs en attente de postes.

Plus précisément, l'effectif des enseignants du supérieur s'est accru très rapidement entre 1992 et 2001 (à cette date, les effectifs avaient déjà augmenté de 50 %), plus lentement ensuite, jusqu'à se stabiliser, voire légèrement régres-

ser ces deux dernières années, en passant de 91 816 en 2015 à 89 595 en 2017. Cette baisse toute récente de 1 407 enseignants est principalement due à la diminution (- 1625) des enseignants « non titulaires » (ATER, doctorants...) et, dans une moindre mesure, des MCF (- 1035), en partie compensée par la progression des effectifs des enseignants du second degré détachés dans le supérieur (+ 1237).

Actuellement, selon les données ministérielles, les professeurs, au nombre de 21 183, représentent 24 % de l'effectif total, les maîtres de conférences 42 % (ils sont 37 991). Ces deux corps de titulaires spécifiques à l'enseignement supérieur rassemblent donc les deux tiers de l'effectif global, les autres enseignants étant soit des professeurs titulaires du secondaire détachés dans le supérieur (16 %) soit des ATER, doctorants et autres personnels contractuels (18 %).

Comme attendu, avec le temps, le poids relatif des professeurs s'est tassé (ils représentaient 28 % de l'effectif en 1992) tandis que celui des doctorants et contractuels s'est conforté (leur effectif double pour dépasser 16 000 actuellement).

Les lettres et le droit drainent-ils davantage d'enseignants du supérieur que les sciences ?

Ceux et celles qui enseignent ces disciplines sont proportionnellement moins nombreux en 2015 qu'en 2011. En effet, le groupe « droit-économie-gestion » rassemble 14,1 % des effectifs enseignants en 2015, contre 15,8 % en 2011, les « lettres-sciences humaines » passant de 31,4 % des effectifs à moins de 30 %. D'où un recul certain en peu de temps. Au contraire, le groupe « sciences et techniques » conforte sa place de premier groupe avec près de 40 % des effectifs, et celui de la santé dépasse désormais celui du « droit-éco-gestion ».

Toutefois, avec plus de recul, on constate que l'accroissement des effectifs d'enseignants titulaires (et stagiaires) du supérieur durant les dix dernières années a été plus rapide dans ces groupes de disciplines qu'en sciences. En effet, de 2005 à 2015, en « droit-économie-gestion », les effectifs ont augmenté de + 11,2 % – tirés par toutes ses composantes – ; en « lettre-sciences humaines » de + 7,1 % – tirés principalement par le groupe 4, celui des sciences humaines, et surtout par le groupe



12 dit « interdisciplinaire » – ; tandis qu'ils ne sont supérieurs que de +4,9 % par rapport à 2005 dans les disciplines scientifiques. Au sein du groupe « sciences et techniques », les évolutions sont d'ailleurs loin d'être homogènes : alors que les groupes 9 (génie mécanique, informatique, énergétique), 10 (biologie et biochimie) et 5 (mathématiques et informatique) accroissent leurs effectifs de titulaires respectivement de 9 %, 7,3 % et 7,4 %, la chimie, et surtout la physique, connaissent, au contraire, une perte lente et régulière de leurs effectifs, suivie d'une stabilisation récente.

Malgré ces évolutions contrastées, avec plus de 25 000 enseignants-chercheurs titulaires, les sciences restent, de très loin, le groupe disciplinaire qui rassemble le plus d'enseignants chercheurs (EC) : 7 600 pour le « droit-économie-gestion », 15 000 pour les « lettres-sciences humaines » et 8 000 pour la santé.

Les enseignants-chercheurs sont-ils nombreux dans les Écoles et les « autres établissements » ?

La réponse à cette question est compliquée, car on ne connaît rien

des cumuls d'activité, et il se peut que les universitaires qui dispensent des enseignements ou encadrent des jeunes chercheurs hors des universités ou de leurs écoles d'ingénieurs soient nombreux. Selon la statistique publique, les universités au sens strict employaient, en 2015/2016, 44 958 EC et 5 997 enseignants de type secondaire, auxquels il faut ajouter les 5 294 EC des instituts universitaires de technologie (IUT) et les 1 121 EC affectés aux écoles supérieures du professorat et de l'éducation (ESPE), ces deux dernières institutions employant aussi, respectivement, 4 101 et 1 827 titulaires agrégés ou certifiés.

Dès lors, la part des EC et des professeurs du secondaire détachés dans le supérieur, en poste hors de la sphère universitaire, c'est-à-dire en poste dans des écoles d'ingénieurs non universitaires ou dans d'autres établissements type « grands établissements », écoles normales supérieures (ENS) et autres écoles... apparaît comme très marginale, sauf en sciences. En effet, en 2015-2016, chez les scientifiques, ce sont 16 % des professeurs, 13 % des MCF et 14 % des enseignants du second degré qui sont en poste dans une école d'ingénieur

ou dans un « autre établissement », contre à peine quelques pour cents pour les littéraires, juristes...

Les recrutements assurent-ils le renouvellement des corps d'EC ?

Établir la balance entre les recrutements et les « sorties » est assez difficile compte-tenu du fait que l'essentiel des personnes recrutées comme professeurs étaient précédemment MCF. Il s'agit donc d'un changement de corps, sans entrée ni sortie, bien qu'il s'agisse d'un « recrutement » sur un poste ouvert, à l'issue d'un concours.

D'un côté, on note que 1 473 MCF et 891 professeurs ont été « recrutés » en 2014-2015, tandis que respectivement 608 et 430 d'entre eux partaient en retraite cette même année. Mais d'autres motifs de sortie de l'enseignement supérieur existent (démissions, décès...). Faut de données plus précises, on ne peut qu'évoquer ce qu'en dit le ministère, pour qui, au cours de l'année 2014-2015, « au final, on observe, hors promotion, un peu plus d'un recrutement pour un départ en retraite d'EC ». Le renouvellement, et même davantage, serait donc assuré !

Qui sont les MCF et les professeurs recrutés ?

Pour être recruté comme MCF ou comme professeur, il faut participer aux concours ouverts au sein des universités ou des écoles dotées de postes relevant de l'enseignement supérieur. Chaque poste fait l'ob-

jet d'un concours spécifique. Cette procédure est celle de droit commun, à laquelle dérogent la plupart des postes de professeurs ouverts en « droit, sciences politiques, économie et gestion », qui sont pourvus *via* l'agrégation du supérieur (un concours avec choix d'affectation selon le rang de sortie).

Selon les données publiées, en 2016, seuls 52 % des docteurs qualifiés ont participé aux concours ouverts l'année de leur qualification. Ce très faible taux de participation, qui n'a fait que décroître au cours du temps, est difficile à expliquer dans la mesure où la qualification est une procédure spécifique au recrutement universitaire

et qui, théoriquement, ne sert à rien d'autre. Pourtant, force est de constater que de plus en plus de jeunes docteurs considèrent la qualification comme un diplôme, valorisable, qui se surajoute à ceux qu'ils possèdent déjà. Mais d'autres explications méritent d'être mentionnées, en particulier le caractère désormais très pointu de la plupart des profils recherchés *via* les concours. Nombreux sont, dans ce contexte, les jeunes docteurs qui ne trouvent... aucun poste leur permettant de déposer un dossier. D'autant que le recrutement sur place est souvent évité : l'« endo-recrutement » serait de l'ordre de 20 % chez les MCF et de 44 % chez les professeurs.

Le phénomène de non présentation aux concours est encore aggravé chez les professeurs : seuls 39 % des qualifiés ont déposé un dossier l'année de leur qualification en raison, à nouveau, des profils requis et aussi, sans doute, des problèmes liés à la localisation des postes.

Bilan provisoire de la campagne de qualification 2016/2017.

Source : Bilan provisoire de la campagne 2017 de qualification aux fonctions de MCF et de professeurs des universités. DGRH Juin 2017.

	MCF dossiers examinés	MCF qualification	Prof. examinés	Prof. qualif.	Tx qualif. MCF (%)	Tx qualif. prof. (%)
Groupe 1: Droit sciences po	763	251	187	36	32,9	19,3
Groupe 2: Sciences éco. et gestion	617	384	230	104	62,2	45,2
Groupe 3: Langues et littérature	1 413	897	218	167	63,5	76,6
Groupe 4 : Sciences humaines	2 499	1 547	397	258	61,9	65,0
Groupe 5 : Math. et informatique	1 191	858	411	317	72,0	77,1
Groupe 6 : Physique	570	418	205	145	73,3	70,7
Groupe 7 : Chimie	636	490	226	150	77,0	66,4
Groupe 8 : Sciences de la terre	509	434	116	98	85,3	84,5
Groupe 9 : Mécanique, génie, etc.	1 212	865	439	327	71,4	74,5
Groupe 10 : Biologie et biochimie	1 962	1 397	386	288	71,2	74,6
Pharmacie	381	258	19	11	67,7	57,9
Groupe 12 : Interdisciplinaire	743	366	155	76	49,3	49,0
Théologie	34	19	4	4	55,9	100,0
Total	12 530	8 184	2 993	1 981	65,3	66,2

Répartition par grandes disciplines et années de qualification des recrutés par concours en 2016

Source : note de la DGRH Enseignement supérieur n°6, Juin 2017.

	2012	2013	2014	2015	2016	Dis- pensés	Total	% qualif. 2016	% qualif. 2016 & 2015
Maîtres de conférences	66	111	201	324	436	3	1141	38,2	66,6
Droit-éco.-gestion	2	13	35	60	113		223	50,7	77,6
Lettres et Sc. humaines	35	55	89	131	150	2	462	32,5	60,8
Sciences et techniques	29	37	70	124	156		416	37,5	67,3
Pharmacie		6	7	9	17	1	40	42,5	65
Professeurs des univ.	28	73	69	177	213	11	571	37,3	68
Droit-économie- gestion				47	36	3	86	41,9	97
Lettres et sc. Humaines	7	27	34	58	118	6	250	47,2	70,4
Sciences et techniques	21	45	32	65	56	2	221	25,3	51,7
Pharmacie		1	3	7	3		14	21,4	71,4

La qualification, un parcours du combattant ?

Si la qualification est de plus en plus considérée comme un titre, c'est que celle-ci est plutôt sélective. Ainsi, en 2017, selon les données provisoires publiées, le Conseil national des universités (CNU) a examiné plus de 15 500 candidatures à la qualification, et a délivré 8 184 qualifications aux fonctions de MCF et 1 981 qualifications aux fonctions de professeur. 35 % des docteurs sollicitant la qualification pour pouvoir candidater à un poste de MCF n'ont donc pas été retenus. Mais, l'accès à la qualification est plus difficile qu'il n'y paraît, et le taux de qualification, de l'ordre de 65 %, stable par rapport aux années précédentes, est trompeur. Car, par exemple, cette même année, près de 20 000 dossiers ont été « ouverts » (selon la terminologie officielle), ce qui fait que 4 272 dossiers ont, pour des raisons diverses, été « éliminés ». Finalement, ce sont donc à peine plus de la moitié des « dossiers ouverts » en vue d'une habilitation à concourir sur des postes de MCF et moins de 54 % des « dossiers ouverts » afin de pouvoir postuler à un poste de professeur qui ont abouti.

Sans oublier que le taux de qualification moyen, de 65 %, recouvre en réalité des situations disciplinaires disparates, avec des taux qui vont de 32 % à 85 % pour les MCF, de 19 % à 85 % pour les professeurs. Si on met à part le droit et les sciences politiques, qui sont des disciplines à « agrégation du supérieur », on note que ce sont les disciplines scientifiques qui ont les taux de succès à la qualification les plus élevés, avoisinant même 85 % en sciences de

la terre, alors que les disciplines littéraires et les sciences humaines affichent des taux de qualification nettement plus bas.

En 2017, ces qualifications ont été délivrées à 7 734 personnes (une personne peut candidater et être sélectionnée dans plusieurs sections du CNU) : 6 106 personnes ont été qualifiées aux fonctions de MCF, 1 660 aux fonctions de professeur.



« La qualification, un parcours du combattant ? »

Quelles chances a-t-on d'être recruté dans l'enseignement supérieur lorsqu'on est qualifié ?

Ce ne sont évidemment pas seulement les « qualifiés de l'année » qui se présentent aux concours de recrutement des MCF et des professeurs d'université ; les candidatures multiples sont quasiment la règle, puisqu'à chaque poste ouvert correspond un concours séparé. C'est ainsi qu'en 2016 par exemple, 52 158 candidatures de MCF ont été enregistrées émanant de 9 507 candidats, dans l'espoir d'intégrer l'un des 1 328 postes publiés, et que 4 914 candidatures de professeurs à l'un des 794 postes de professeurs ouverts ont été portées par 2 114 candidats. Pour les MCF, on dénombre donc, en moyenne, 39,3 candidatures par poste, pour les professeurs seu-

lement 6,2. Dès lors, le taux de réussite, c'est-à-dire le nombre de recrutés rapporté au nombre de personnes candidates est de 33 % chez les professeurs contre... seulement 13 % chez les MCF.

C'est en « droit-économie-gestion » que le nombre de candidats par poste est le plus faible et que la probabilité d'être lauréat est de loin la plus élevée, tant chez les professeurs que chez les MCF.

Et c'est en sciences et techniques que la situation est la plus tendue. Sans aucun doute, l'attractivité des carrières universitaires et de recherche est-elle nettement plus grande auprès des jeunes docteurs scientifiques qu'auprès des juristes et économistes...

Candidater dès la qualification ou plus tard ?

La répartition selon l'année de qualification des recrutés par concours en 2016 indique clairement que les jurys choisissent très préférentiellement les qualifiés de l'année ou des deux précédentes années, tant pour les MCF que les professeurs. Plus des deux tiers des lauréats sont dans ce cas. Aucun groupe de disciplines n'y déroge, même si c'est surtout en « droit-économie-gestion » que cette pratique est observée, et même si les MCF candidats à un poste de professeur doivent davantage patienter en sciences que dans les autres disciplines. Alors que la qualification est « valable » pour cinq ans, force est de constater, qu'en pratique, le délai pour qu'une candidature aboutisse est nettement plus court : à peine 66 des 1 141 MCF et 28 des 571 professeurs recrutés en 2016 sont des qualifiés de 2012 !

Recherche solidaire

Bruno Chaudret, directeur de recherche et président du Conseil scientifique du CNRS, lance une association, « Recherche solidaire », dans le but de promouvoir la collaboration entre chercheurs et entreprises industrielles socialement innovantes.

Bruno Chaudret

Directeur de recherche et président
du Conseil scientifique du CNRS
Membre du SNCS

Propos recueillis par Bouchra Touba

B. Touba : Pourquoi avoir créé l'association « Recherche solidaire » ?

B. Chaudret : Je vais plutôt répondre à la question : « *Comment a été créée l'association Recherche solidaire ?* ». J'ai été contacté par un avocat, ami d'un membre du Conseil scientifique du CNRS, qui m'a dit : « *Voilà, on a un problème. Les salariés de Goodyear veulent reprendre leur entreprise. Pour que leur demande soit crédible, ils ont besoin d'un département de recherche et développement (R&D) pour les conseiller sur des innovations possibles et ils ne savent pas comment faire* ». J'ai donc pris contact avec les salariés de Goodyear. J'ai discuté avec eux. J'ai trouvé la façon dont on les avait traités, révoltante. Mais, en même temps, j'ai trouvé captivant le fait de réfléchir, avec eux, à la manière de créer un département de R&D. Et, à ce moment, je me suis aperçu que, dans ces cas-là, une mobilisation au-delà des étiquettes politiques et syndicales est possible. Mais, fabriquer des pneus, c'est extrêmement compliqué et, malheureusement, la tentative des salariés de Goodyear a échoué.

Toutefois, ce qui m'est resté de cette expérience, c'est qu'il existe – au sein du CNRS – un potentiel de chercheurs prêts à aider, prêts à donner de leur temps, prêts à donner de leur intelligence, pour aider dans des conflits sociaux, pour aider à monter des Sociétés coopératives participatives (SCOP) et autres associations. Il me semble donc que, dans notre milieu, la mobilisation est possible dès qu'il s'agit d'une bonne cause.

C'est à partir de ce constat que l'idée m'est venue de passer à la vitesse supérieure et de créer l'association.

Je suis un grand défenseur de la recherche fondamentale mais cela ne m'empêche pas d'être toujours intéressé par ses applications technologiques. De mon point de vue, la collaboration avec l'industrie ne doit pas

.....
« *Mettre nos activités et nos savoirs, en tant que chercheurs, au service des travailleurs qui luttent pour leur emploi.* »
.....

être un tabou. Nous sommes là pour faire avancer les connaissances mais nous sommes aussi là pour être au service de la société. Et la production industrielle peut revêtir une dimension sociale, celle de produire [des biens et des services] pour satisfaire les besoins de la société. C'est dans ce sens que j'ai décidé de créer l'association Recherche solidaire.

B.T : Nous venons d'évoquer le projet de reprise de l'usine en coopérative, porté par les quatre cents salariés de l'usine Goodyear Amiens-Nord, en 2015. Y a-t-il eu, depuis, d'autres projets, demandes ou activités engagés par l'association Recherche solidaire ?

B.C : Oui. Il y a eu un projet d'aide à une papeterie. L'idée était d'utiliser du chanvre comme base de la pâte à papier et de développer une filière avec des coopératives agricoles. Mais, ce projet d'aide ne s'est pas concrétisé, faute d'une plus-value de la R&D suf-

fisamment évidente dans ce cas précis. Il y a eu aussi le cas d'une centrale de microélectronique mais, malheureusement, nous sommes intervenus trop tard. Tous ces cas sont la preuve que nous, les scientifiques, nous pouvons être solidaires grâce à des compétences telles que la R&D.

B.T : Certains domaines de recherche sont-ils plus concernés que d'autres par les activités de l'association ?

B.C : Mon idée première était de se concentrer sur l'industrie. En France, le pouvoir a fait le choix de la désindustrialisation, un choix qui permet de se passer des ouvriers, de leurs syndicats et de leurs partis politiques. Par ailleurs, je pense que, pour redistribuer des richesses, il faut en produire. De ce point de vue-là, l'industrie est importante. Regardons le potentiel industriel de l'Allemagne. Je ne défends pas ici le modèle salarial allemand mais je regarde simplement la production industrielle et le financement de la R&D dans ce pays. Quand en Allemagne, le pouvoir d'achat des laboratoires augmentait de 50 % en sept ans, celui du CNRS baissait. Il faut relier les choses entre elles. Si notre PIB n'est pas en croissance, les laboratoires n'auront pas d'argent. L'industrie est donc absolument nécessaire à un pays comme la France. Et toutes les discussions du moment sur l'ère postindustrielle me rendent plus que dubitatif.

Ce ne sont donc pas des thèmes scientifiques qui ont été privilégiés au moment de la création de l'asso-



ciation, mais plutôt l'idée d'aider l'industrie et les salariés de l'industrie dans les cas où les délocalisations et les fermetures d'usine sont injustifiées. Le plus souvent, on délocalise simplement pour payer moins cher les salariés. C'est ainsi que le groupe Goodyear a délocalisé son site d'Amiens en Pologne ; la papeterie Stora Enso Corbehem a fait de même. Dans ces cas-là, il est nécessaire de se mobiliser.

B.T : En quoi la recherche publique a-t-elle vocation à aider la fonction R&D d'une entreprise, ou encore à intervenir dans la reprise ou même la création d'entreprises ?

B.C : Parler de la recherche publique, c'est parler du travail pour l'intérêt public. Je suis fonctionnaire. Je me suis battu pour être fonctionnaire. Je suis fier d'être fonctionnaire. Être fonctionnaire, cela signifie que l'État me paye pour que je travaille au service de l'intérêt public. Il me semble donc que je suis tout à fait qualifié

pour aider l'industrie ou aider à la création d'entreprises dans l'industrie. Ce pour quoi je ne suis pas qualifié, c'est pour aider à la recherche de profit, c'est pour aider à gonfler le montant de dividendes versés à des actionnaires. Et ce par quoi je suis intéressé, c'est la production de biens qui profitent à la communauté.

B.T : L'orientation de l'aide que peut apporter l'association vers des entreprises dont la forme juridique est la SCOP ou la SCIC (Société coopérative d'intérêt collectif) est évidemment délibérée. Pourquoi ?

B.C : Evidemment, c'est délibéré. C'est un acte militant. Je sépare deux choses. Premièrement, dans mon métier, je collabore avec des entreprises industrielles, dont certaines sont des entreprises du CAC 40, et je trouve cela normal. C'est l'un des aspects de mon métier. Je le répète : je suis un grand défenseur de la recherche fondamentale. Mais, quand il y a des applications possibles, il me paraît tout à fait normal d'interagir avec l'industrie privée. Par contre, dans le cadre de l'association Recherche solidaire, il ne s'agit pas de cela. Il ne s'agit pas des relations normales que l'on peut avoir entre laboratoires et entreprises industrielles. Il s'agit d'aider des travailleurs qui ont envie de poursuivre une activité ou d'en créer de nouvelles dans le domaine de l'économie sociale et solidaire. Il s'agit d'aider soit à la reprise d'entreprise, ce qui peut parfois s'avérer compliqué, soit à la création d'entreprises, sur de nouveaux créneaux.

Deuxièmement, je pense que cela fait partie de nos missions d'aider la société à évoluer vers une économie plus sociale et plus durable. Dans la recherche publique, ce sont les contribuables qui payent les scientifiques. J'ajouterais que nous ne sommes pas payés par les impôts des riches, puisqu'ils ne payent pas d'impôts. Mais par les impôts des pauvres. Pour cette raison, nous devons rendre des comptes. Nous devons aider quand il y a besoin de nous. Et, parfois, il y a besoin de science pour reprendre ou créer une entreprise sous une nouvelle forme économique. Je pense que les scientifiques doivent être présents sur ce terrain.

B.T : Savez-vous si les activités R&D des sociétés coopératives sont éligibles au CIR (Crédit impôt recherche) ?

B.C : Oui. Les SCOP sont éligibles au CIR. Et oui, pourquoi ne pas prendre l'argent là où il se trouve.

B.T : La valorisation existe déjà au CNRS. Mais considérez-vous que l'activité de Recherche solidaire est une autre manière de faire de la valorisation ?

Ce n'est pas une autre manière de faire de la valorisation. C'est la même manière mais elle se fait dans des cadres différents. Je considère que mes collaborations avec des grandes entreprises, telles que Motorola ou Solvay, ont été passionnantes et enrichissantes, tant au plan scientifique qu'au plan technologique. Je continue à croire que ce type de collaborations avec des grands groupes ou des PME fait partie de nos attributions de chercheur. Par contre, ce que je souhaite, c'est étendre ce type de collaborations à d'autres modèles économiques telles que les SCOP. Je ne vois pas pourquoi nous ne mettrions pas nos activités et nos savoirs, en tant que chercheurs, au service des travailleurs qui luttent pour leur emploi.



mgen^{*}

MUTUELLE
SANTÉ
PRÉVOYANCE

MA SANTÉ, C'EST SÉRIEUX.

J'AI
CHOISI
MGEN

"Quand on est sportif de haut niveau, la santé c'est essentiel. Et se sentir bien protégé est un réel avantage sur le chemin de la victoire. C'est pourquoi je ne m'entoure que des meilleurs. Pour son engagement, pour sa solidarité, pour la performance de sa protection santé et la qualité de son accompagnement, j'ai choisi MGEN."

MARTIN FOURCADE, Champion du Monde
et Champion Olympique de biathlon.

mgen.fr

MGEN, Mutuelle Générale de l'Éducation Nationale, n°775 685 399, MGEN Vie, n°441 922 002, MGEN Fila, n°440 363 588, mutuelles soumise aux dispositions du livre II du code de la Mutualité - MGEN Action sanitaire et sociale, n°441 921 913, MGEN Centres de santé, n°477 901 714, mutuelles soumise aux dispositions du livre III du code de la Mutualité.

MÊME POUR SARAH, ENSEIGNANTE, LES RISQUES DU QUOTIDIEN NE MANQUENT JAMAIS À L'APPEL.

ASSURANCE PROFESSIONNELLE
**POUR LES RISQUES LIÉS
À VOTRE ACTIVITÉ**

OFFRE RÉSERVÉE AUX MÉTIERS
DE L'ENSEIGNEMENT :

-10% SUR LES CONTRATS
D'ASSURANCE AUTO*

**GMF 1^{ER} ASSUREUR
DES AGENTS DU SERVICE PUBLIC**



ASSURÉMENT HUMAIN

Appelez le 0 970 809 809 (numéro non surtaxé)
Connectez-vous sur www.gmf.fr ou depuis votre mobile sur m.gmf.fr

*Offre réservée aux personnels des métiers de l'enseignement, la 1^{ère} année à la souscription d'un contrat d'assurance auto, valable jusqu'au 31/12/2017.
LA GARANTIE MUTUELLE DES FONCTIONNAIRES et employés de l'État et des services publics et assimilés - Société d'assurance mutuelle - Entreprise régie
par le Code des assurances - 775 691 140 R.C.S. Nanterre - APE 6512Z - Siège social : 148 rue Anatole France - 92300 Levallois-Perret et sa filiale GMF ASSURANCES.
Adresse postale : 45930 Orléans Cedex 9.

