

scientifique et une coordination optimale. Les sondes effectueront le voyage fixées l'une à l'autre et elles se sépareront à l'arrivée en orbite autour de Mercure. La sonde japonaise MMO (*Mercury Magnetospheric Orbiter*), rebaptisée *Mio*, sera placée sur une orbite lointaine et elliptique, à l'extérieur du champ magnétique, tandis que la sonde européenne MPO (*Mercury Planetary Orbiter*) évoluera sur une orbite basse, dans la magnétosphère. Nous aurons ainsi deux points de vue sur le champ magnétique et nous pourrons étudier sa dynamique et voir comment il se comporte face au vent solaire.

La sonde MMO comprend cinq instruments scientifiques : un magnétomètre, un appareil pour étudier la dynamique de la magnétosphère et divers dispositifs pour analyser le contenu en particules et en poussière du milieu entourant la planète.

Quant à la sonde MPO, sa mission s'étend aussi à la compréhension de la surface et de l'intérieur de la planète. Elle est équipée de onze instruments dont un altimètre, un accéléromètre, un magnétomètre, des spectromètres sensibles à différentes gammes de longueurs d'onde et un transpondeur radio.

Mercury a joué un rôle historique dans l'acceptation de la théorie de la relativité générale. La mission BepiColombo comporte-t-elle un volet lié à cette théorie ?

Oui, en effet. Rappelons que la relativité générale d'Einstein fait apparaître la force gravitationnelle comme le résultat d'une déformation de l'espace-temps par des objets massifs. Mercure, par sa proximité au Soleil, y est particulièrement sensible. En expliquant correctement, et surtout quantitativement, pourquoi le périhélie de Mercure (le point de sa trajectoire le plus proche du Soleil) avance à chaque révolution d'une fraction d'angle, Einstein a montré la supériorité de sa théorie sur celle de Newton. La sonde MPO permettra d'en faire un test supplémentaire : grâce à l'accéléromètre très précis dont elle est équipée, nous pourrons mesurer la courbure de l'espace-temps au niveau de l'orbite de Mercure et ainsi détecter un petit écart éventuel aux prédictions de la relativité générale.

À quelles difficultés la conception de la mission BepiColombo s'est-elle heurtée ?

Cette mission, dont la réalisation a été décidée en 2000, est bien connue des spécialistes de l'exploration spatiale pour ses multiples reports. Nous avons dû en effet relever des défis techniques assez importants. En général, lorsqu'on conçoit une sonde, on utilise des dispositifs déjà éprouvés. Or avec *BepiColombo*, seuls 17% des éléments l'étaient ; il a fallu inventer tout le reste.

L'une des raisons est la température élevée près de Mercure. Nous avons développé un

revêtement qui isole la sonde du chaud, mais aussi du froid. Même chose pour les panneaux solaires : les dispositifs utilisés pour les satellites en orbite autour de la Terre ou sur les toits des maisons ne résistent pas aux températures

Seuls 17% des éléments de la sonde BepiColombo étaient de conception éprouvée. Il a fallu inventer tout le reste

mercuriennes. Et pour toute l'électronique des instruments, il a fallu la repenser pour qu'elle soit capable de supporter la température, mais aussi les radiations ambiantes.

Enfin, un autre défi technique était la propulsion. *BepiColombo* utilise un moteur ionique. Les propulseurs classiques sont remplacés par un dispositif qui éjecte à grande vitesse des ions de xénon. Cela ne permet pas de produire des poussées courtes et rapides, mais le moteur opère en continu. Ainsi, en cumulé, on obtient une poussée très élevée. C'est la technique idéale pour l'exploration du Système solaire, voire d'autres systèmes stellaires. La Nasa a déjà testé le moteur ionique avec la sonde *Dawn*, l'ESA seulement avec *Smart-1*, à destination de la Lune. *BepiColombo* est donc, pour l'ESA, la première grande mission utilisant cette propulsion. Et déjà d'autres sont programmées comme *Solar Orbiter*, qui décollera en 2019.

Avez-vous des projets en direction du grand public, en liaison avec BepiColombo ?

La sonde décollera de Kourou, en Guyane, sur une fusée Ariane. Avec des collègues européens et japonais, scientifiques et ingénieurs, nous avons décidé de partager ce moment avec les enfants guyanais au travers du projet « Planètes en Guyane ». L'idée de cette initiative est de visiter les classes pour promouvoir les sciences et l'astronomie, les métiers du spatial, notamment auprès des filles, en insistant aussi sur la dimension internationale de ces projets. Il est primordial d'apporter le goût du savoir au jeune public. ■

PROPOS RECUEILLIS PAR SEAN BAILLY

BIBLIOGRAPHIE

Site internet de la mission BepiColombo de l'Observatoire de Paris :
<https://www.planete-mercure.fr/>

D. E. Smith et al., **Gravity field and internal structure of Mercury from Messenger**, *Science Express*, 2012.

S. Murchie et al., **Mercury : une planète dans la fournaise**, *Pour la Science*, n° 402, avril 2011.

R. Vervack et al., **Mercury's complex exosphere : results from Messenger's third flyby**, *Science*, vol. 329, pp. 672-675, 2010.

B. Anderson et al., **The magnetic field of Mercury**, *Space Science Reviews*, vol. 152, n° 1-4, pp. 307-339, 2010.

B. Denevi et al., **The evolution of Mercury's crust : a global perspective from Messenger**, *Science*, vol. 324, pp. 613-618, 2009.

POUR LA SCIENCE

Édition française de Scientific American

**COMPLÉTEZ VOTRE COLLECTION
DÈS MAINTENANT !**



N° 491 (sept. 18)
réf. PL491



N° 490 (août 18)
réf. PL490



N° 489 (juillet 18)
réf. PL489



N° 488 (juin 18)
réf. PL488



N° 487 (mai 18)
réf. PL487



N° 486 (avril 18)
réf. PL486



N° 485 (mars 18)
réf. PL485



N° 484 (févr. 18)
réf. PL484



N° 483 (janv. 18)
réf. PL483



N° 482 (déc. 17)
réf. PL482



N° 481 (nov. 17)
réf. PL481



N° 480 (oct. 17)
réf. PL480

À retourner accompagné de votre règlement à :

Pour la Science – Service VPC – 19 rue de l'Industrie – BP 90053 – 67402 Illkirch Cedex – email : pourlascience@abopress.fr



OUI, je commande des numéros de Pour la Science, au tarif unitaire de 9,90 €.

1 / JE REPORTE CI-DESSOUS LES RÉFÉRENCES à 5 chiffres correspondant aux numéros commandés :

1^{re} réf. _____ x 9,90 € = _____ €
2^e réf. _____ x 9,90 € = _____ €
3^e réf. _____ x 9,90 € = _____ €
4^e réf. _____ x 9,90 € = _____ €
5^e réf. _____ x 9,90 € = _____ €
6^e réf. _____ x 9,90 € = _____ €

TOTAL À RÉGLER _____ €

Groupe Pour la Science – Siège social : 170 bis, boulevard du Montparnasse, CS20012, 75680 Paris Cedex 14 – Sarl au capital de 32000 € – RCS Paris B 311 797 393 – Siret : 311 797 393 000 23 – APE 5814 Z

Offre valable jusqu'au 31/12/2019 en France Métropolitaine uniquement. Pour l'export, rendez-vous sur notre site internet boutique.pourlascience.fr. Les prix affichés incluent les frais de port et les frais logistiques. Les informations que nous collectons dans ce bulletin d'abonnement nous aident à personnaliser et à améliorer les services que nous vous proposons. Nous les utiliserons pour gérer votre accès à l'intégralité de nos services, traiter vos commandes et paiements, et vous faire part notamment par newsletters de nos offres commerciales moyennant le respect de vos choix en la matière. Le responsable du traitement est la société Pour la Science. Vos données personnelles ne seront pas conservées au-delà de la durée nécessaire à la finalité de leur traitement. Pour la Science ne commercialise ni ne loue vos données à caractère personnel à des tiers. Les données collectées sont exclusivement destinées à Pour la Science. Nous vous invitons à prendre connaissance de notre charte de protection des données personnelles à l'adresse suivante : <https://rebrand.ly/charte-donnees-pls>. Conformément à la réglementation applicable (et notamment au Règlement 2016/679/UE dit « RGPD ») vous disposez des droits d'accès, de rectification, d'opposition, d'effacement, à la portabilité et à la limitation de vos données personnelles. Pour exercer ces droits (ou nous poser toute question concernant le traitement de vos données personnelles), vous pouvez nous contacter par courriel à l'adresse protection-donnees@pourlascience.fr.

2 / J'INDIQUE MES COORDONNÉES

☐ M. ☐ Mme

Nom : _____

Prénom : _____

Adresse : _____

Code postal _____ Ville : _____

Téléphone _____

J'accepte de recevoir les offres de Pour la Science ☐ OUI ☐ NON

3 / JE CHOISIS MON MODE DE RÈGLEMENT

☐ Par chèque à l'ordre de Pour la Science

☐ Carte bancaire

N° _____

Date d'expiration _____

Clé (les 3 chiffres au dos de votre CB) _____

Signature obligatoire :



**RETROUVEZ TOUS LES ANCIENS NUMÉROS SUR
BOUTIQUE.POURLASCIENCE.FR**



Le citoyen, ce scientifique

Quand la production du savoir scientifique se démocratise

Nous avons tous la possibilité, à des degrés divers, de contribuer à l'édification de la science par des programmes de recherche participative. Ces pratiques, de plus en plus nombreuses, s'inscrivent dans une longue tradition, notamment à l'Inra.

« **L**a République n'a pas besoin de savants », aurait clamé le président du Tribunal révolutionnaire qui condamna à la guillotine Antoine Laurent de Lavoisier en 1794. Savant, le père de la chimie moderne l'était, mais plus précisément, était-il un amateur éclairé ? Un scientifique professionnel ? Un expert ? La question est délicate.

Et elle se pose avec encore plus d'acuité aujourd'hui, à l'heure où les sciences et les recherches participatives, dont une définition consensus a été proposée par une Charte adoptée en 2017 (*voir page suivante*), ont le vent en poupe. De fait, la production des connaissances scientifiques n'est plus l'apanage des seuls professionnels de la recherche scientifique. Nous sommes tous désormais appelés à contribuer à

l'édification de la science, que nous soyons simple citoyen, agriculteur, éleveur, apiculteur, pêcheur... L'étendue de notre participation varie de la collecte de données, par exemple pour signaler que nous avons vu une fleur (*voir l'encadré page 51*), à la coconstruction du projet scientifique lorsqu'on est paysan pastier et qu'il s'agit de sélectionner de nouvelles variétés de blé dur (*voir l'encadré page 52*).

Revenons un instant à Lavoisier. Selon l'historien Patrice Bret, du centre Alexandre-Koyré (EHESS) : « Lavoisier témoigne d'un curieux mélange : d'une part, il appartient pleinement à la science officielle de son temps [...]. D'autre part, ne provenant pas du sérail médical qui dominait la chimie académique [...], il avait le regard neuf et fécond qui lui permit de révolutionner une science. »



« Paradoxalement, poursuit l'historien, la rigueur apportée par les chimistes "amateurs-professionnels" a contribué, sinon à isoler la science de la société, du moins à couper la chimie de l'amateurisme mondain, alors même qu'elle fait irruption dans la société par ses applications militaires et industrielles. » Le cas Lavoisier peut s'étendre à toutes les sciences. D'abord, il oblige à clarifier la typologie des acteurs impliqués dans la production de connaissances scientifiques. Ensuite, il illustre le fossé, plus ou moins profond, qui s'est creusé depuis la fin du XVIII^e siècle entre la science et le grand public. Ces deux aspects sont fondamentaux lorsqu'on s'intéresse aux sciences et aux recherches participatives.

UN FOSSÉ SE CREUSE

Selon Volny Fages, de l'École normale supérieure Paris-Saclay, la séparation entre professionnels de la science et amateurs n'a de sens qu'à partir du moment où le processus de professionnalisation est bien enclenché, c'est-à-dire à partir de 1850. Auparavant, seule la dichotomie entre expert et profane serait pertinente, Lavoisier relevant bien sûr du premier cas. Mieux, les amateurs experts étaient bien souvent considérés comme plus légitimes à parler de science, parce qu'ils n'étaient pas payés pour la pratiquer. Ils n'avaient donc pas d'intérêts particuliers à défendre. La question de la participation ne se posait pas : potentiellement, la science était ouverte à tous.

Parallèlement, plusieurs disciplines se bâtissent, ou au moins se déploient plus largement, grâce aux nombreuses contributions d'amateurs. On peut citer l'astronomie, la météorologie, toutes les sciences naturalistes avec les grandes expéditions, la géologie... Durant cet « âge d'or » de la science amateur, la théorisation et la construction des connaissances scientifiques vont de pair avec la collecte de données.

À partir des années 1850, et jusqu'à la fin du XX^e siècle, à mesure qu'elle se professionnalise, la science s'éloigne progressivement du grand public : les savants renforcent leurs institutions, en restreignent l'accès, se construisant des tours d'ivoire, excluant toujours plus les amateurs de la construction des connaissances.

Toutefois, pendant les dernières décennies du XIX^e siècle, on assiste à la montée en puissance et à l'affirmation des sociétés savantes, des académies de province, des clubs... où se côtoient parfois amateurs locaux et professionnels dans des recherches collectives. En outre, on assiste à un engouement public, à une forte demande sociale, pour la science. C'est aussi la grande époque de la vulgarisation, avec la naissance de nombreuses revues *La Science illustrée*, *Le Magasin pittoresque*,

Les sciences et recherches participatives sont des formes de production de connaissances scientifiques auxquelles participent, avec des chercheurs, des acteurs de la société civile, à titre individuel ou collectif, de façon active et délibérée

La Nature... et le succès des ouvrages de Camille Flammarion, Louis Figuier...

Toujours est-il que les institutions scientifiques se referment sur elles-mêmes, l'amateur se retrouve marginalisé et parfois même regardé avec condescendance.

Qu'en est-il à l'Institut national de la recherche agronomique ? Comment les relations entre scientifiques et non-professionnels de la science ont-elles évolué au sein de cet institut qui, dès sa création au sortir de la Seconde Guerre mondiale, a noué des liens étroits entre chercheurs, agriculteurs et éleveurs ?

AU SERVICE DE L'AGRICULTURE

Dès le départ, l'institut est au service du développement de l'agriculture française, et donc proche du monde agricole. Jusqu'aux



Produire en races locales : un enjeu de reconnaissance



Les éleveurs de races bretonnes – bovines, ovines, caprines... – étant soucieux de la valorisation de leurs produits, la Fédération des races de Bretagne a proposé à Nathalie Couix, Anne Lauvie et Jean-Michel Sorba de l'Inra de travailler avec eux sur la qualification de leurs produits (viande, fromages...). Ceux-ci sont associés à une histoire, un patrimoine et plus généralement à un système de valeurs qui ne sauraient être détachés de l'appréciation qu'en ont leurs producteurs et consommateurs. Comment évaluer et valoriser un tel système au-delà de la stricte qualité intrinsèque des produits ? Le travail engagé entre les producteurs et les chercheurs vise à élaborer une démarche et un dispositif permettant la reconnaissance conjointe des produits, des pratiques des éleveurs et leur ancrage au territoire. Plusieurs ateliers participatifs ont été mis en place avec les éleveurs pour identifier les valeurs partagées sur lesquelles fonder ce dispositif. Qu'est-il ressorti de cette première étape ? Des messages forts comme un élevage extensif en plein air, respectueux des animaux et plus largement du vivant, soucieux de la préservation de la biodiversité domestique, des produits souvent transformés à la ferme et ayant une saisonnalité assumée... La réflexion conduite avec les éleveurs porte désormais sur la façon dont ils pourraient sensibiliser et tirer avantage de ces pratiques. Un label ? Une marque ? Un autre dispositif de reconnaissance qui resterait à inventer ?



Une vache Froment du Léon, une race de qualité.



À l'affût des saisons

Arrivée d'oiseaux migrateurs ou de coccinelles, débourrement des bourgeons, changement de couleur des feuilles, floraison... les dates de ces événements sont des indicateurs importants et pertinents sur l'évolution du climat et complètent les données physiques, notamment les relevés de température. Depuis 2006, sur le modèle de ce qui se faisait en Allemagne, en Suisse... Isabelle Chuine, du CNRS, a proposé de créer l'Observatoire des saisons, un réseau de citoyens pour suivre ces phénomènes naturels (on parle de phénologie). La mission est double : sensibiliser au problème du changement climatique et à ses effets sur la biodiversité ; collecter des données à partir desquelles les chercheurs peuvent reconstituer la dynamique de ces effets.

Tela Botanica, le réseau des botanistes francophones, s'est chargé de la communication pour recruter des participants : organisation d'ateliers participatifs, diffusion d'un film montrant l'intérêt de la démarche... Aujourd'hui, on recense plusieurs milliers d'observations par an.

Depuis 2012, Inaki Garcia-de-Cortazar cherche à structurer et harmoniser les protocoles d'observations phénologiques à l'Inra, afin d'insuffler une vision commune du projet à tous les participants et de donner une cohérence à l'ensemble du programme.

En 2017, l'Observatoire des saisons, qui compile annuellement quelque 3 000 observations, a rejoint *Tempo*, le réseau national

d'observatoires (citoyens et professionnels) de la phénologie, où l'on s'intéresse également aux plantes, aux animaux ainsi qu'aux microorganismes, notamment les champignons pathogènes. Un premier constat est l'avancée généralisée de certains événements phénologiques, tels le débourrement, la floraison... qui sont plus précoces. Autre observation, les dates de semis sont désormais homogènes partout en France pour certaines cultures, alors qu'auparavant, la différence Nord-Sud était bien marquée.

Un autre terrain prometteur reste à explorer, celui des données cachées dans des tiroirs, par exemple dans des cahiers, de professionnels ou non. Il y aurait là une mine d'or d'informations à récupérer et à analyser ! Avis aux amateurs.



La date de floraison, un indicateur du changement climatique.

années 1980, la principale source de recrutement de l'Inra est les écoles d'ingénieurs agronomes ; ceux-ci, malgré leur grande proximité avec la réalité agricole, mettent en place un modèle dit *top-down*, c'est-à-dire du haut vers le bas : d'une façon simplifiée, on invente à l'Inra, puis on transfère et diffuse vers l'agriculture les innovations qui en résultent.

Ce modèle est au service de la reconstruction de l'agriculture et de sa modernisation indispensable dans la période de pénurie alimentaire de l'après-guerre où la question de l'autonomie alimentaire est devenue un enjeu crucial pour le pays. La Révolution verte s'impose, et avec elle l'emploi généralisé d'intrants chimiques (engrais, produits phytosanitaires) et de variétés améliorées. L'ambition affichée est d'augmenter la productivité agricole pour redonner à la France la stature internationale qu'elle avait perdue.

Ce schéma de fonctionnement s'est ancré encore un peu plus avec l'essor de la biologie moléculaire qui a conquis tous les laboratoires dans les années 1980. Certains n'hésitaient pas à parler de « grande science » ! Comme le précise Pierre-Benoît Joly, de l'Institut francilien recherche, innovation et société (IFRIS) : « on observe à cette époque une grande coupure épistémique entre ceux qui font de la recherche et ceux qui en bénéficient. »

Pourtant, c'est aussi à cette époque (en 1979) qu'une inflexion a lieu à l'Inra, avec la création du

département SAD (Systèmes Agraires et Développement, à l'origine ; Sciences pour l'Action et le Développement, aujourd'hui), par Jacques Poly, alors directeur général de l'Inra. « Dans ce département, raconte Bernard Hubert, ancien directeur du SAD, la recherche se faisait au plus près du monde agricole et en interaction avec des groupes locaux. Notre action a posé les grands principes et théorisé ce qu'on nomme désormais les recherches participatives (celles-ci regroupent différentes formes de participation, dont celles que nous utilisions fréquemment à l'époque : « recherche action », « recherche clinique », « recherche intervention »...). C'était vraiment une pratique fondée sur la rencontre des régimes de production de connaissances scientifiques et ceux de la pratique, et d'où émergeait l'innovation. De toute façon, ce n'est pas nous qui changeons le monde, mais bien les acteurs du monde ! » Pour lui, ces travaux ont accompagné les résistances qui, en France, ont limité l'uniformisation des races bovines, et ont permis le maintien de plusieurs races (normande, montbéliarde...) encore bien implantées dans leurs régions.

La participation prend alors la forme de recherche-action : des dispositifs conçus pour produire des actions, pour résoudre des problèmes auxquels sont confrontés des acteurs, en l'occurrence les agriculteurs, les éleveurs, etc. L'articulation entre le local et le national y est



Philippe Mauguin
PDG de l'Inra

En quoi les sciences participatives sont-elles importantes à l'Inra ?

P. M. : L'ouverture au monde socioéconomique et aux acteurs non marchands est un pilier de la stratégie scientifique de l'Inra. Notre engagement historique dans les territoires, notamment aux côtés des associations et des professionnels, fait de notre institut un acteur majeur des sciences et recherches participatives en France, avec plus d'une centaine de scientifiques engagés dans ces démarches.

Quelle est leur place aujourd'hui ?

P. M. : L'implication des citoyens et des professionnels dans la recherche agronomique est parfois déterminante. Ainsi, en Alsace, 35 vignerons imaginent avec des chercheurs de nouvelles approches plus économes en pesticides. Le numérique est aussi un formidable allié : par exemple, le programme Citique s'appuie sur 10 000 promeneurs connectés pour comprendre les maladies que les tiques transmettent.

essentielle, de même que le pluralisme des régimes de production de connaissances.

« Quand les acteurs, les agriculteurs, n'adoptent pas les techniques conçues à l'ombre des laboratoires, selon la vision linéaire *top-down*, c'est peut-être parce qu'ils ont de bonnes raisons de le faire ! » résume Pierre-Benoît Joly. L'Inra repose alors sur deux piliers indépendants : d'une part, se positionner sur les grands enjeux de la biologie moléculaire et, d'autre part, garder un lien avec le monde agricole.

Puis vinrent les années 1990 au cours desquelles l'Inra cherche à se rapprocher de la société : garder l'esprit d'un établissement de recherche dédié à l'acquisition de connaissances, tout en développant une recherche ouverte sur les questions du monde et de la société. Ce changement de cap coïncide avec les préoccupations grandissantes du public quant à l'alimentation, l'environnement et l'agriculture.

LE TOURNANT PARTICIPATIF

Quel que soit le degré d'implication des citoyens ou des non-professionnels de la recherche, les sciences et recherches participatives sont de plus en plus présentes dans les publications scientifiques internationales. Depuis le début des années 2000, la croissance est même exponentielle, comme le montre François Houllier, ancien PDG de l'Inra, dans son rapport sur les sciences participatives en France remis en 2016 aux ministres chargés de l'Éducation nationale et de la Recherche. Il propose dans ce document une classification des sciences et recherches participatives en trois groupes.

Le premier rassemble les démarches de *crowdsourcing*, ou « sciences citoyennes », quand les citoyens, non chercheurs, sont des collecteurs de données (sur les papillons, les chauves-souris, telle ou telle espèce de fleur...). Une démarche considérablement facilitée par l'essor du numérique qui met à disposition des outils simplifiés de recueil et de transfert d'information. Plus encore, ces plateformes numériques sont des interfaces où tous les acteurs, professionnels ou non, peuvent échanger voire construire des communautés.

Un autre groupe est constitué par la Community Based Research, où chercheurs et personnes concernées, par exemple des malades (sida, mucoviscidose, myopathies, asthme, ...), s'associent pour diagnostiquer et résoudre des problèmes.

Enfin, le groupe des « recherches participatives » consiste en des collaborations de chercheurs, de citoyens ou de groupes d'acteurs variés (agriculteurs, éleveurs, forestiers, services de l'État, associations environnementalistes, collectivités territoriales, etc.) qui s'unissent pour coproduire des connaissances scientifiques dans une perspective d'innovation et de transformation sociale.



Pour un meilleur blé dur bio



Un champ de blé dur.

Au début des années 2000, les producteurs de blé dur bio (pour les pâtes, la semoule...) avaient testé toutes les variétés inscrites au catalogue français des semences. Mais les problèmes restaient entiers : les rendements étaient très faibles et la qualité insuffisante pour espérer bien vendre la production. La filière était en danger. Il fallait réagir. Avec Dominique Desclaux, de l'Inra, les agriculteurs ont eu accès aux anciennes semences gardées en réserve par l'Institut et les ont testées. Hélas, elles se sont révélées très sensibles aux pathogènes. La solution est venue d'un programme de sélection participative lors duquel de nombreux croisements ont été évalués par les paysans. Au bout de quelques années, une variété nouvelle a émergé (LA1823), satisfaisant tous les acteurs. La difficulté a ensuite résidé dans son inscription au catalogue. Les procédures d'homologation n'étaient pas adaptées au bio, mais les choses ont bougé, grâce au programme de l'Inra. Ce dernier a lui aussi évolué, et il se penche désormais sur l'hypersensibilité au gluten.

À ce sujet, l'Inra propose à toute personne se déclarant hypersensible de participer à un projet de recherche. Si vous êtes intéressé, merci de prendre contact *via* le site : <http://bit.ly/INRA-Gluten>



Bien manger, bien vivre

Les liens entre l'alimentation et la santé sont nombreux, encore faut-il pouvoir les mettre en évidence. C'est l'objectif de l'étude NutriNet-Santé, pilotée par Serge Hercberg, qui dirige une équipe d'épidémiologistes de la nutrition, sous la tutelle, entre autres, de l'Inra, et plus particulièrement du département d'Alimentation humaine. Le protocole pour les 160 000 participants inclus est simple : répondre chaque mois, *via* Internet, à un questionnaire sur leur alimentation, leur comportement, leur santé... L'ensemble des réponses constitue une base de données gigantesque sur l'alimentation et la santé, qui permet aux chercheurs d'étudier différentes questions : identifier les facteurs de risque de maladies chroniques (cancer, maladies cardiovasculaires, obésité, diabète...), mettre en évidence les effets des aliments ultratransformés sur la santé, étudier les nouveaux comportements alimentaires et leurs déterminants, déterminer le profil psychologique des consommateurs de bio ou d'aliments conventionnels...

Récemment, grâce à ces données, l'équipe a proposé le Nutri-Score (système d'étiquetage nutritionnel à 5 couleurs) et montré qu'il est un bon marqueur de prédictibilité des risques liés à la santé. Le Nutri-Score a depuis été reconnu par l'État.



Sur un corpus représentatif de documents (articles, interventions dans des colloques...), la Community Based Research arrive en tête, car très présente aux États-Unis et au Canada, notamment en santé publique. Viennent ensuite les « recherches participatives », présentes notamment dans l'agriculture et la gestion des ressources naturelles. Enfin, le *crowdsourcing* arrive en troisième position dans les publications scientifiques.

Pour Pierre-Benoît Joly, un élément important du « tournant participatif », notamment à l'Inra, fut la controverse sur les OGM à la fin des années 1990. Elle a conforté la création de collectifs participatifs autour des semences paysannes pour sélectionner et concevoir de nouvelles variétés végétales, notamment pour le blé. Des agriculteurs, soutenus pour certains par des chercheurs, ont pris une part active dans ce processus (voir l'encadré page ci-contre, en haut). Leur rôle en sortait renforcé : ils gagnaient en autonomie et en liberté de choix.

D'UNE RÉVOLUTION À L'AUTRE

Ce mouvement a amplifié la réaction aux modèles de recherche prônés par la Révolution verte, et notamment à l'amélioration génétique des animaux et des plantes prise en charge par la recherche publique et privée. Certains milieux paysans, en France et ailleurs, avaient protesté contre cette spécialisation des rôles et rappelé que les agriculteurs ont toujours cherché à améliorer l'adaptation, la productivité, la résistance aux maladies ou à la sécheresse des espèces qu'ils cultivent ou élèvent. De ces revendications émergent, à l'Inra mais aussi au Cirad, quelques équipes de recherche impliquées dans la sélection participative, dont le produit bénéficie des connaissances des scientifiques et des autres parties prenantes (agriculteurs, boulangers, pastiers...).

Ce mode de fonctionnement dans lequel des agriculteurs participent, sous différentes formes, à des schémas de sélection et de conception de nouvelles variétés végétales, a généré de nouveaux projets de développement, certains étant même soutenus par la Commission européenne.

Ainsi, depuis 2010, dans le cadre du partenariat européen de l'innovation « Productivité et développement durable de l'agriculture », l'accent est mis sur les connaissances des acteurs et leurs besoins. C'est le point de départ pour concevoir des innovations de façon participative ou identifier des pistes de recherche.

L'objectif de cette initiative est de créer plus de 3 000 groupes opérationnels autour de questions diverses (les circuits courts de distribution, des partenariats entre agriculteurs et artisans-boulangers...). Le participatif est présent du début à la fin, et devient un moteur des transformations du monde agricole.

« TOUS CHERCHEURS » À NANCY

Grâce au soutien de la fondation Bettencourt-Schueller, l'association « Tous chercheurs », dont l'objectif est de mettre la recherche scientifique à la portée de tous, a récemment créé en Lorraine trois laboratoires de recherche ouverts au public. Celui de Nancy a été confié à l'Inra et propose à des collégiens et lycéens de s'initier, durant des stages de recherche, aux sciences végétales et forestières et à la microbiologie. Pour en savoir plus : touschercheurs.com

La volonté d'impliquer des non-professionnels de la science pour en faire des acteurs de production de connaissances est réaffirmée dans le document d'orientation Inra 2025. D'ores et déjà, l'institut anime et coordonne de nombreux projets participatifs, parfois anciens, couvrant toute la gamme, du *crowdsourcing* à la coconstruction, et impliquant plusieurs types de public, plus ou moins concernés. Les encadrés de cet article illustrent une partie de ce foisonnement.

Cette diversité impose de répondre à quelques questions quant à la nature de la science produite par les démarches participatives : s'agit-il encore de science ? D'une autre science ? D'une vraie science ?

L'apparition de la participation de non-chercheurs dans un nombre toujours plus grand de publications dans des revues scientifiques plaide pour un réel statut scientifique des recherches participatives : c'est bien de la science qu'elles produisent, et la communauté scientifique l'admet de plus en plus facilement. Ce n'était pas nécessairement le cas il y a quelques années, quand certains remettaient en cause par exemple



Un territoire rural riche d'initiatives

Bienvenue à Mirecourt, commune des Vosges, à l'ouest d'Épinal. Dans cette région marquée par un contexte socioéconomique difficile, l'unité Inra ASTER-Mirecourt (AgroSystèmes Territoires Ressources) est dédiée à l'étude de la transition des systèmes agricoles vers plus de durabilité et a entrepris de participer à cet effort en s'investissant dans un Living Lab (un dispositif de recherche et d'innovation où citoyens, habitants, usagers sont des acteurs clés) nommé Teaser Lab. Le dispositif a reçu un soutien financier de la Fondation de France. L'idée est de fédérer les initiatives, existantes et à venir, pouvant aider à construire un système alimentaire sain, local, durable et créateur d'emplois. La ferme expérimentale de l'unité, convertie en bio depuis 2004 et qui a entrepris une importante diversification de ses productions pour contribuer au système alimentaire, est au cœur du projet qui réunit aussi un établissement médicoéducatif, des associations, un café citoyen, les foyers ruraux, des collectivités...

Un chargé de projet anime le Living Lab en organisant des ateliers, des groupes thématiques, en mutualisant et en faisant circuler l'information, en élargissant progressivement le cercle des acteurs, en favorisant l'émergence de chantiers participatifs. C'est l'occasion pour les chercheurs d'étudier *in situ* la construction d'un système alimentaire territorialisé.



Ce panneau cache un Living Lab dynamique.



Un arc-en-ciel de pollen

Les abeilles rapportent à la ruche du nectar, mais aussi du pollen sous la forme de pelotes accrochées à leurs pattes. Ces petites boulettes sont de plusieurs couleurs, d'où l'idée que la diversité de ces couleurs refléterait la biodiversité. C'est l'hypothèse de départ du projet CSI Pollen, né en Autriche et aux Pays-Bas et dont la déclinaison française est coordonnée par Jean-François Odoux.

Entre 2014 et 2016, ce chercheur anime un réseau de près d'une centaine d'apiculteurs de toutes catégories, mais aussi des établissements scolaires et des communes dotés de ruches. Chacune est équipée d'un petit dispositif qui recueille, sur une période de 24 heures, le pollen. À charge ensuite pour celui ou celle qui s'occupe de la ruche de trier les pelotes selon leurs couleurs. L'ensemble des données collectées est ensuite analysé à l'échelon européen. Premier enseignement, et c'est assez inattendu, la diversité des pollens est maximale en juin et minimale en août et septembre. Autre résultat intéressant, les abeilles de plusieurs ruches voisines se répartissent l'environnement pour exploiter au mieux la nature.

L'aspect pédagogique est aussi à mettre à l'actif de l'opération. En témoigne Alban, responsable de « Ma ruche à la maison », qui a apprécié le programme auquel il a fait participer des apprentis apiculteurs et des lycéens.



la qualité des données collectées. Désormais, la contribution du *crowdsourcing* aux savoirs scientifiques est reconnue, sous réserve naturellement qu'il soit correctement conçu et mis en œuvre. Cette façon de travailler, en mobilisant une grande quantité d'informations recueillies par le public, a par ailleurs l'avantage de produire des résultats autrement inaccessibles.

La participation du grand public permet également aux travaux scientifiques de s'appuyer sur une intelligence collective au sein d'une vaste communauté pour produire des connaissances. C'est par exemple le cas dans le projet *FoldIt*: en 2011, ce jeu vidéo sur le repliement des protéines, développé à l'université de Washington, a permis, grâce aux nombreux joueurs, de découvrir en trois semaines la structure tridimensionnelle d'une protéine du virus M-PMV sur laquelle butaient les chercheurs depuis plus de dix ans.

L'intelligence collective est aussi mobilisée dans le cas d'une coconstruction entre chercheurs et acteurs. Dans ce type de projet, les interactions entre les différents partenaires produisent des concepts et des méthodes transposables à d'autres situations; en d'autres termes, de la confrontation des différents registres de savoirs émergent parfois des innovations, mais aussi des connaissances à caractère générique.

Selon les dispositifs de recherche mis en place (*crowdsourcing* ou coconstruction) et les problèmes traités, les résultats obtenus contribuent aussi bien à l'avancée de connaissances fondamentales (cf. *FoldIt*) qu'à la résolution de problèmes en prise avec des questions de société.

DE LA VRAIE SCIENCE !

Les connaissances produites, pour être validées scientifiquement, doivent respecter les normes de la science traditionnelle. Quand il s'agit d'une recherche entreprise en réponse à des questions posées par des acteurs de la société, la pertinence de la recherche pour ces acteurs devient naturellement une dimension essentielle.

Bernard Hubert insiste sur un autre aspect important des connaissances produites par les sciences et recherches participatives : il s'agit de la robustesse, qui fait le lien entre validation et pertinence. Un résultat sera d'autant plus robuste qu'il aura été produit à l'issue d'une collaboration fondée sur des interactions effectives, des apprentissages croisés, de l'exploration collective et qu'il résistera au cours du temps à des mises à l'épreuve. Par exemple, on s'aperçoit qu'une population végétale issue de la sélection participative, conservant de la diversité, sera mieux armée contre les aléas climatiques, les gels tardifs, les précipitations inattendues et des ravageurs, qu'une variété homogène. Ce qui change, ce ne sont pas les techniques de sélection, mais la démarche tout entière et notamment l'entité qui fait l'objet de la sélection : on sélectionne une population végétale plutôt qu'une variété homogène. Il s'agit alors de travailler sur la diversité au lieu d'avoir à la réduire, l'hétérogénéité devenant un atout ! Mais cela ne fonctionne que si le processus du travail de sélection a lui-même été « robuste » en impliquant une diversité suffisante de parties prenantes (chercheurs, agriculteurs, techniciens...).

Un autre écueil à appréhender concerne l'éthique. En effet, en faisant cohabiter professionnels de la recherche et non-professionnels, les sciences participatives confrontent des mondes construits sur des contrats sociaux différents : ils ne partagent pas nécessairement les mêmes valeurs et les mêmes finalités dans des activités pourtant communes. « Dans un programme de sciences

Sauver le corégone

Connaissiez-vous le corégone ? Il est peut-être plus connu sous le nom de féra (ou lavaret), ce poisson lacustre de la famille des salmonidés s'affichant à la carte de nombreux restaurants, dans les Alpes et jusqu'à Lyon. Dans la plupart des lacs, ses populations ont progressivement décliné depuis les années 1980, notamment à cause de l'eutrophisation, c'est-à-dire l'augmentation des substances nutritives dans les eaux qui favorise la prolifération d'algues. Cependant, l'histoire est un peu différente au lac d'Annecy qui a été préservé de l'eutrophisation. Malgré tout, une baisse des prises s'est d'abord fait ressentir chez les pêcheurs amateurs à partir de 2004, puis chez les professionnels. Chacun rejetant la faute sur l'autre, des conflits ont opposé les deux groupes dans les années 2007 et 2008.

Pour mieux comprendre les dynamiques et gérer les ressources durablement, un programme de suivi des populations a été mis en place par Daniel Gerdeaux depuis 1992 dans le lac d'Annecy. Il est aujourd'hui dirigé par Chloé Goulon et Jean Guillard.

Sur ce plan d'eau, on compte actuellement deux pêcheurs professionnels et quelque 800 amateurs. Tous ont été invités à collecter des informations précieuses : taille et nombre de poissons pêchés, zone de pêche, effort consenti (nombre de prises par unité de temps), échantillons d'écaillés prélevés... Les données recueillies montrent qu'aujourd'hui la situation des corégones s'est améliorée. Deux explications sont possibles. D'abord, la réglementation relative à la pêche, modifiée en 2011,



Un pêcheur amateur de corégones sur le lac d'Annecy.

a changé la taille légale des prises, les quotas accordés à chaque pêcheur amateur et le nombre de licences professionnelles. Ensuite, des conditions environnementales qui ont été favorables à la reproduction naturelle et à la survie des larves de corégones. Selon Pierre Boutillon, pêcheur amateur, le bilan de sa participation est très positif. Les pêcheurs accordent plus de valeur aux études auxquelles ils ont été associés et peuvent devenir plus « exigeants » vis-à-vis des organismes dès lors qu'ils mettent la main à la pâte. Ils souhaitent intensifier leur participation.

L'amélioration observée va-t-elle perdurer ? Rien n'est moins sûr tant le changement climatique s'accompagne de fluctuations importantes et imprévisibles de l'environnement. Là aussi, le programme participatif joue un rôle essentiel : il permettra d'anticiper ces effets.

et de recherches participatives, prévient Léo Coutellec, de l'université Paris-Sud, la première étape, indispensable, consiste à traiter cette question. Définir les valeurs de chacun. Préciser les concepts mobilisés. Expliciter les motivations, les finalités de chacun. Sans ce préalable, des conflits apparaissent, notamment au moment de l'interprétation des résultats, voire au moment de la mise en place des méthodologies ou de la valorisation des travaux. » Pour éviter un échec, il préconise également de prendre le temps de définir ensemble, chercheurs et non-chercheurs, l'objet au cœur du programme.

ET DEMAIN ?

D'une façon générale, au terme de ce rapide panorama, un constat s'impose : les sciences et recherches participatives favorisent le rapprochement et le dialogue entre sciences et société. En outre, en impliquant un public toujours plus large, elles contribuent à mieux faire connaître la démarche scientifique, ses méthodes, ses ambitions. Un atout essentiel aujourd'hui, quand l'importance des enjeux liés à la recherche est devenue telle qu'une certaine réappropriation de la science par les citoyens semble indispensable. Cependant, surtout quand le public prend une part non négligeable à sa construction, on doit veiller à ce que la science soit pratiquée à l'abri des doctrines.

À cet effet, une Charte française des sciences et recherches participatives a été signée officiellement le 20 mars 2017 par divers établissements d'enseignement supérieur et de recherche, des organisations non gouvernementales, des associations, en présence de Thierry Mandon, alors secrétaire d'État chargé de l'Enseignement supérieur et de la Recherche. Ce texte prend la mesure du potentiel, mais également des risques liés aux sciences participatives et formule à ce titre quelques recommandations : présentation claire des méthodes et des ressources, utilisation concertée des données, respect de la vie privée.

Face à la « scientification », à la « technologisation » de la société qu'ils subissent, les citoyens ont vraisemblablement de plus en plus envie de participer, de faire, de comprendre... Derrière ce mouvement de fond, de fort développement des sciences et des recherches participatives, c'est la question de la démocratie qui se cache. Un vrai enjeu, très actuel : la participation à la production des savoirs scientifiques, la compréhension même du fonctionnement de la science, prémunit sans doute contre les croyances diverses et variées de plus en plus nombreuses. La crédulité se nourrit de l'ignorance. Le président du Tribunal révolutionnaire avait tort, la République a besoin de savants, du plus grand nombre possible de savants ! ■

L'ESSENTIEL

> Depuis presque trente ans, des chercheurs en sciences sociales étudient l'égalité devant les contrôles de police et l'efficacité de ces derniers.

> En France, des études sur le terrain ont ainsi récemment révélé que la proportion de personnes contrôlées dans différentes villes de France est plus importante dans

les minorités ethniques que dans la majorité.

> Des enquêtes par questionnaire ont aussi montré que les jeunes Maghrébins subissent plus souvent des contrôles répétés.

> Pourtant, les contrôles détectent très peu de délits et fragilisent la confiance.

L'AUTEUR



SEBASTIAN ROCHÉ
directeur de recherche
au CNRS, au laboratoire de
sciences sociales Pacte (CNRS,
université Grenoble-Alpes,
Sciences-Po Grenoble)

Des Contrôles de contreproductifs

Aujourd'hui, il est possible d'évaluer de façon rigoureuse l'égalité devant les contrôles de police et leur efficacité. Résultat : non seulement ils ciblent plus souvent les minorités ethniques, mais ils repèrent peu d'infractions et sapent la confiance dans la police.

Dans les pays démocratiques, les policiers sont dotés de pouvoirs extraordinaires au sens littéral du terme – des pouvoirs que les autres personnes n'ont pas. Ceux-ci ne leur appartiennent pas : par le truchement de lois diverses, l'autorité politique les leur «prête», ayant elle-même obtenu, *via* l'élection, le droit moral à nous contraindre. Ces pouvoirs permettent aux policiers de faire légalement ce qui est interdit aux autres agents et citoyens, comme porter atteinte aux droits fondamentaux des personnes en entrant dans nos maisons, nos ordinateurs, en nous empêchant de circuler librement et en nous contrôlant dans la rue, avec usage de la force si besoin.

La manière d'user de ces contraintes est un élément de la démocratie elle-même. Les normes nationales et internationales auxquelles la France a souscrit mettent en avant que le gouvernement ne peut pas abuser de ses pouvoirs et doit traiter de manière égale tous les citoyens, et aussi que la police est au service du peuple. En particulier, le code de

déontologie de la police et de la gendarmerie précise que «le policier ou le gendarme ne se fonde sur aucune caractéristique physique ou aucun signe distinctif pour déterminer les personnes à contrôler» (article R. 434-16).

L'INÉGALITÉ FACE AUX CONTRÔLES : LE PRIX DE L'EFFICACITÉ ?

Cependant, en pratique, les contrôles et l'usage de la force se révèlent problématiques. En effet, y compris dans les démocraties libérales, ils sont distribués dans la population de manière inégale et souvent, mais pas toujours, discriminatoire. Or si dans certains pays, comme le Royaume-Uni ou le Canada, l'autorité politique juge urgent de remédier à cette inégalité, dans d'autres, comme la France, le gouvernement refuse de la voir.

De leur côté, les polices avancent régulièrement, par la voix de leurs responsables ou de leurs représentants syndicaux, que l'inégalité est le prix de l'efficacité, et ainsi que l'injustice faite aux minorités est acceptable moralement puisqu'elle est utile à la tranquillité publique >



© Jean-Pierre REY/Gamma-Rapho via Getty Images