

Vie de la recherche

L'interdisciplinarité s'invite dans les systèmes complexes : les journées de Rochebrune

Dominique Hervé¹, Mylène Rivière²

¹ Agronome, IRD, UMR220 GRED, 34394 Montpellier Cedex 5, France

² Géographe, Université Bordeaux Montaigne, UMR5185 ADESS, 33607 Pessac Cedex, France

Mots-clés :
interdisciplinarité ;
dialogue ;
point de vue ;
ontologie ; modèle ;
indiscipline

Résumé – Trente chercheurs, de sciences sociales et de sciences de l'information, étaient réunis une semaine fin janvier 2014 pour les journées de Rochebrune, « rencontres interdisciplinaires sur les systèmes complexes naturels et artificiels », qui ont lieu chaque année depuis 1992. Le thème choisi, « Multi-trans-interdisciplinarité », ouvrait explicitement un bilan de ces journées. Nous retenons de ce bilan une série d'interrogations. Quels sont les liens qui se tissent entre les disciplines et quels sont les objectifs de construction à plusieurs points de vue ? Comment valoriser les différences de langages et de méthodes entre disciplines ? À quelles conditions les modèles peuvent-ils intégrer des connaissances hétérogènes ? La recherche d'unification, source d'innovations et d'enrichissement, présente également les risques d'un lissage des disciplines, d'une perte de spécificité du langage, et d'une domination par les sciences de l'information. À la fois outil technique et cadre conceptuel, les systèmes complexes apportent des entrées multiples pour la construction, l'intégration ou la confrontation interdisciplinaire.

Keywords:
interdisciplinarity;
dialogue; viewpoint;
ontology; model;
indiscipline

Abstract – *Interdisciplinarity pays a visit to complex systems: the Rochebrune days.* Debates around interdisciplinary research took place in 2014 in different places with different protagonists. Their controversies enriched the prospective reflection engaged by the *Natures Sciences Sociétés* journal and the NSS-Dialogues association. In particular, thirty researchers from the social and information sciences gathered in Rochebrune to discuss interdisciplinarity during one week in January 2014 under the "complex system" label. What are the links between disciplines and the targets of these multiple viewpoint constructions? How can we enhance the differences between the disciplines' languages and methodologies? What conditions models have to respect for integrating heterogeneous knowledge? The Rochebrune meeting provided an opportunity to compare different approaches in interdisciplinary research on complex systems: co-construction of a shared ontology, shared conceptual framework, shared model, data science... Using complex systems modeling seems promising, but the neutrality of the modelers is still in discussion. To promote innovation through interdisciplinary research, should we rather tend towards one shared viewpoint, or is it possible to take into account several perceptions to enrich our vision of the world?

En 1992, Paul Bourguine¹, alors au Cemagref², crée les journées de Rochebrune, rencontres interdisciplinaires sur les systèmes complexes naturels et artificiels³, dont le

principe est de proposer un thème qui fait sens dans toutes les disciplines et qui les intéresse en dehors des contraintes institutionnelles. Depuis cette date, le chalet

Auteur correspondant : D. Hervé, dominique.herve@ird.fr

¹ Paul Bourguine est polytechnicien, aujourd'hui à la retraite, fondateur du RNSC (Réseau national des systèmes complexes) et ancien directeur du CREA (Centre de recherche en épistémologie appliquée) à l'école Polytechnique.

² Centre national du machinisme agricole du génie rural, des eaux et des forêts, devenu, depuis 2012, l'Irstea (Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture).

³ <http://rochebrune.cirad.fr>. Voir aussi sur la question des systèmes complexes, dans ce même numéro, l'article de Deffuant *et al.*, Visions de la complexité. Le démon de Laplace dans tous ses états, *NSS*, 23, 1, 2015.

Encadré 1. Les intentions des journées de Rochebrune 2014.

Les systèmes complexes ne sont pas qu'une affaire de composants en interaction, mais aussi de points de vue en interaction avec des défis associés :

- Le défi de l'inter-compréhension : comment choisit-on les disciplines à mettre autour d'un objet complexe ? Comment se passe le dialogue, par exemple, entre un sociologue et un écologue (mais aussi entre des sociologues entre eux ou des écologues entre eux) ? Comment les processus, souvent distincts, de légitimation des différents savoirs interfèrent-ils ? Comment une discipline peut-elle poser une question de recherche à une autre discipline ? Comment se passe le dialogue entre un thématicien et un modélisateur et/ou informaticien ? Quels sont les avantages et les limites de ce dialogue ? Qu'en a-t-on appris dans son champ et sur le processus lui-même ?
- Le défi du passage des frontières : en sommes-nous restés à la reconnaissance de l'altérité des discours ? Avons-nous élaboré des concepts à plusieurs visages, voire des concepts partagés ? Avons-nous importé des concepts d'autres disciplines et que sont-ils devenus dans chacun de nos champs ? Les sciences de l'information jouent-elles le rôle de médiateur et facilitateur entre les disciplines ? Qu'est-ce que la pratique de la modélisation apporte en termes de transversalité ?
- Le défi de l'alerte mutuelle : quelles difficultés à transposer une formalisation à un autre contexte ? Quelles objections à la généralisation d'une interprétation ? Quelles questions et difficultés peuvent se transposer dans d'autres disciplines ? Avons-nous bénéficié de telles alertes, ou avons-nous trouvé des pistes de solutions à ces difficultés dans d'autres disciplines ?
- Le défi du langage commun : est-ce que, dans l'interaction, s'élabore un domaine conceptuel commun ? Est-il la réunion, ou l'intersection, ou n'importe quoi d'autre, des discours disciplinaires ? Les mathématiques, les sciences de l'information, ou une possible science des systèmes complexes, peuvent-elles jouer ce rôle en offrant leur langage comme langage commun ?
- Le défi de la réflexivité : dans ce genre de processus, on ne peut éviter non seulement d'interagir mais de se regarder interagir, ne serait-ce que pour débloquer les conflits. Comment cela se passe-t-il ? Cette réflexivité a-t-elle été explicitement mise en œuvre ? Des synthèses écrites ont-elles été produites ? Quelles expériences en tirer ?

de Rochebrune, situé à Megève au pied des pistes de ski, regroupe chaque année pendant une semaine une trentaine de chercheurs de différentes disciplines travaillant sur les systèmes complexes, dans un lieu propice à la retraite et à la réflexion. Les intervenants du 19 au 25 janvier 2014 venaient des sciences sociales (économie, sociologie, géographie, linguistique, philosophie) et des sciences de l'information (statistique, informatique, mathématique, logique). Le thème choisi en 2014, « Multi-trans-interdisciplinarité », en ouvrant explicitement sur un bilan de ces « rencontres interdisciplinaires sur les systèmes complexes naturels et artificiels » qui définissent Rochebrune, entrait en résonance avec la réflexion prospective engagée à l'occasion des 20 ans de la revue *Natures Sciences Sociétés* et de l'association Natures Sciences Sociétés – Dialogues (NSS-D⁴). Comme en témoignent les défis soulevés dans l'appel à communications

⁴ Au cours des prolongements des débats, en soirée, Dominique Hervé a été invité à présenter l'association NSS-D, son histoire, sa revue et sa collection. Soulignons de plus que l'année de parution de l'ouvrage fondateur de NSS, *les Passeurs de frontières*, est aussi l'année de création des journées de Rochebrune (Jollivet, M. (Ed.), 1992. *Sciences de la nature, sciences de la société. Les passeurs de frontières*, Paris, CNRS Éditions, <http://books.openedition.org/editions-cnrs/4154>).

(Encadré 1⁵), les questions de recherche ne sont plus centrées, comme il y a 20 ans, sur l'interdisciplinarité, mais sur des interdisciplinarités, avec un niveau d'engagement modulable.

Au début de la semaine, à la demande des organisateurs Jean-Pierre Müller (Cirad) et Denis Phan (CNRS), les participants se sont présentés à tour de rôle, en ajoutant une touche personnelle à leur identité scientifique : un concept « mystère » qui les laisse perplexe ou les intrigue, et une situation de « clash interdisciplinaire » à laquelle ils ont été confrontés. Ces deux notes personnelles ont révélé indirectement des appartenances disciplinaires souvent multiples, la fragilité et le risque des postures interdisciplinaires en même temps que leur caractère productif et innovant. Cette impression a été confirmée dans un court débat organisé à la fin des journées sur la question : « L'innovation vient-elle de l'interdisciplinarité ou du renforcement des disciplines fondamentales ? ». La majorité des participants a défendu l'influence de l'interdisciplinarité, et a ainsi tenu à clairement se démarquer de la déclaration de Madame Geneviève Fioraso, ministre de la Recherche et

⁵ L'appel à communication et le programme sont disponibles à l'adresse <http://www.gemass.fr/dphan/rochebrune14>.

Encadré 2. Extrait du discours de Geneviève Fioraso lors de la cérémonie de vœux aux acteurs de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, mardi 21 janvier 2014 au Musée du Quai Branly.

« [...] Il n'y a pas de professionnalisation possible et de préparation aux métiers sans connaissances disciplinaires de haut niveau. Pas de transfert possible des résultats de la recherche s'il ne s'appuie sur une recherche fondamentale d'excellence, recherche fondamentale qu'il faut absolument préserver et qui est à l'origine des innovations de rupture indispensables à la compétitivité de notre pays.

Nos universités ont tous les atouts pour interagir de manière efficace avec leur environnement social et économique, dans un continuum entre la formation, la recherche et l'enseignement et leur écosystème. Elles ont la capacité à développer les enseignements et les recherches pluridisciplinaires qui sont absolument indispensables pour former à l'entrepreneuriat, pour répondre aux besoins des nouvelles filières de la recherche et de l'industrie ou soutenir les grandes politiques publiques. [...] »

de l'Enseignement supérieur, dans ses vœux de 2014 (Encadré 2).

Du fait de l'absence de chercheurs des sciences de la nature et des sciences de la vie, et du nombre important de géographes, ce que nous rapporterons ici sont les idées-forces de dialogues entre sciences sociales et sciences et ingénierie de l'information. Nous discuterons les possibilités de liens entre disciplines, les difficultés d'harmonisation des langages et des méthodes et la recherche d'un cadre conceptuel commun, pouvant prendre la forme d'un modèle intégrateur de connaissances hétérogènes.

Des liens entre disciplines : comment, pourquoi ?

Jean-Pierre Gaudin (Institut d'études politiques d'Aix-en-Provence) a utilisé un retour sur l'histoire de l'interdisciplinarité pour aborder certains enjeux-clés. L'interdisciplinarité nous vient d'une utopie, d'un rêve d'unité issu de la Renaissance (Michel-Ange ou Léonard de Vinci étaient tout à la fois peintres, architectes, poètes, urbanistes, sculpteurs, etc.). À partir de l'analyse de deux programmes récents, le programme interdisciplinaire « Développement urbain durable » porté par le CNRS entre 2003 et 2007, et le programme sur la « gouvernance multinationale » au sein de l'Union européenne, J.-P. Gaudin a souligné une orientation de la recherche vers la résolution de « questions larges » : climat, pollution, ville, santé publique, qui appelle à la réunion et à la

confrontation de différentes approches pour travailler sur des objets communs. Ce nouveau paradigme d'interdisciplinarité, largement encouragé par les appels d'offres des institutions de financement de la recherche, se heurte cependant à l'inertie de logiques professionnelles réduites aux cloisonnements des disciplines, aux vieilles batailles entre elles et aux langages en partie construits pour entretenir leurs frontières. Malgré une incitation croissante pour gommer ces frontières, la construction d'une carrière s'établit bien souvent au sein d'une seule et même spécialité, les « passeurs de frontières » ne sont pas toujours bien perçus et les oppositions entre paradigmes subsistent, chaque discipline renforçant son identité en opposition aux autres.

Les notions de mono-, multi-, trans-, inter-, ou adisciplinarité sont essentielles pour comprendre quel dialogue, quelle posture s'installent au sein du travail de recherche. D. Hervé en a repris les définitions pour s'assurer que des consensus entre chercheurs permettent d'aller plus loin vers une formalisation générale en combinaison de points de vue. Le passage de la discipline au point de vue prend en compte la variété des angles d'observation et centre la question sur les articulations entre points de vue : sont-elles possibles ? Peut-on les formaliser ? Selon Daniel Galarreta (Cnes), il existe des correspondances entre les points de vue, qui peuvent ainsi être corrélés ou confrontés en utilisant la théorie du langage. Jean Sallantin (CNRS) a abondé dans ce sens en utilisant un raisonnement logique. Il a classé les associations entre les quatre catégories de sciences (exactes, expérimentales, théoriques et humaines) afin de pouvoir discuter leurs apports, leurs places et leurs rôles ; et il a construit six points de vue sur les énoncés scientifiques (prouvé, discuté, réfutable, et leurs contraires) qui peuvent être corrélés deux à deux. Ces associations produisent différents niveaux de savoirs, selon les propriétés des énoncés scientifiques produits. Le dernier niveau, combinant les quatre catégories de sciences, est selon J. Sallantin celui de la transdisciplinarité, qu'il illustre par les systèmes complexes ou encore les débats publics : un savoir à la fois non prouvé et non réfutable. Le passage de la discipline scientifique au point de vue ouvre également des possibilités d'échanges avec des connaissances non académiques, en acceptant que chacun de ces points de vue ait sa propre légitimité. L'adisciplinarité est vue comme une liberté de ceux qui ne se réclament pas d'une discipline scientifique, tandis que l'indiscipline est revendiquée par des chercheurs qui en assument le risque⁶ et par des chercheurs de seconde génération, qui ont été formés dans ce nouveau contexte d'interdisciplinarité, et qui font face à une quête d'identité.

⁶ Voir Legay, J.-M., 1986. Quelques réflexions à propos d'écologie : défense de l'indisciplinarité, *Acta Oecologica, Oecologia Generalis*, 7, 4, 391-398 ; Wolton, D., 2012. *Indiscipliné. La communication, les hommes et la politique*, Paris, Odile Jacob.

La variété des combinaisons possibles entre les différentes disciplines, l'utilisation des techniques, concepts et modèles d'autres disciplines contribuent à débloquent certaines impasses et expliquent la variété des innovations qui en découlent. Ces innovations viennent-elles des frontières ou du cœur de chaque discipline ? C'est ce qui a fait l'objet d'un débat, lors de la dernière soirée de Rochebrune.

Denise Pumain (Université Paris 1) et Romain Reuillon (UMR Géographie-Cités) en ont donné un exemple intéressant, construit à partir de questionnements réciproques sur la genèse des villes. Dans ce cas précis, un informaticien a développé dans un laboratoire de géographie un modèle informatique qui réplique une théorie selon laquelle l'émergence et l'évolution des villes sont fondées sur leurs interactions. Pour l'informatique, c'était un algorithme innovant, pour la géographie, une manière de valider une théorie, en observant certaines redondances parmi les facteurs du modèle théorique et en identifiant des voies d'amélioration.

D'autres cas d'innovations peuvent se présenter, selon les rapports qui s'installent. Danièle Bourcier (CNRS) a montré, par exemple, différentes interactions entre informatique et droit, faibles ou fortes, fonctionnelles profondes ou substitutives, plus complexes qu'un processus d'informatisation du droit. Lorsque le droit utilise la technologie pour l'écriture de normes, l'informatique n'effectuerait-elle qu'une simple prestation de service ? Un logiciel de gestion d'un greffier est déjà plus complexe. L'informatique peut aussi se substituer au droit, en effectuant par des opérations techniques et mécaniques les fonctions du droit, sans en présenter les garanties. Il reste au droit des fonctions d'arbitrage et de contrôle. Cet exemple montre quelle influence complexe une discipline peut exercer sur une autre. Les aspects innovants comme les limitations des relations entre disciplines restent à explorer.

La difficile confrontation des langages et des méthodes

Une soirée-débat, initiée par J.-P. Müller, sur les deux concepts d'agent et d'acteur, fut un bon exemple de confrontation des langages et des points de vue. Les termes « agent » et « acteur », utilisés en informatique, en intelligence artificielle puis dans les systèmes complexes, ont été empruntés à l'économie pour le premier et à la sociologie pour le second. Lors de cette appropriation, ces concepts ont ensuite pris des sens différents, en laissant s'installer une incompréhension notable entre disciplines. En informatique, les approches objet ou agent sont uniquement des méthodes qui aident à penser, à réfléchir, à innover ; elles ne se substituent pas à l'étude sociologique ou économique qui prend l'individu

pour objet de recherche. Certains points de vue se complètent sans pouvoir se superposer. Ainsi, les méthodes très différentes en économie et en sociologie créent un clivage fort entre ces deux disciplines, malgré leur objet commun de recherche. Le principe du « principal agent » en économie tend à simplifier la réalité en considérant principalement les motivations individualistes qui contraignent l'action. Mais par une confrontation aux théories des sociologues, de nouveaux courants en économie traitent maintenant de l'individu « social » qui évolue dans un monde normé où l'incitation financière n'est pas toujours la solution. On y trouve, par exemple, les notions d'équité ou d'altruisme.

L'exigence interdisciplinaire est pour chaque partenaire d'explicitier ses propres concepts de manière à s'accorder sur un objet commun, une échelle et une méthode partagées. Trois jeunes chercheurs de l'UMR Géographie-Cités, Robin Cura (informaticien), Julie Gravier (archéologue) et Lucie Nahassia (géographe) ont expliqué lors des journées de Rochebrune qu'ils s'y emploient en confrontant leurs propres définitions, approches et méthodes de travail, afin de construire un cadre théorique commun favorable à des échanges. Lena Sanders (CNRS) a montré comment, dans le projet ANR TransMonDyn (Transitions dans l'évolution des systèmes de peuplement), des disciplines des sciences humaines et sociales ont dialogué entre elles (archéologie et géographie) et avec des sciences techniques (informatique). Les chercheurs ont réussi à s'accorder sur un cadre harmonisé de 12 transitions⁷ et 5 domaines explicatifs (mode d'habitat, déplacement-transport, manière de se nourrir, formes de sociabilité, formes de pouvoir). Un tel cadre est nécessaire pour gérer les différences de temporalité et d'échelle, et pour traiter de manière conjointe des entités spatiales et sociales. Le processus d'apprentissage entre disciplines est une coconstruction, en boucle, qui oscille entre empirisme et harmonisation des concepts. C'est souvent la réduction de la réalité, la limitation des points de vue, qui pose problème. Elle nécessite des choix de recherche, qu'il faut expliciter, en distinguant notamment le générique et le contingent. La bonne définition du cadre fédérateur est essentielle pour harmoniser ces choix et éviter un empilement de concepts issus de disciplines différentes.

Certaines disciplines, telles que la physique ou l'économie, ont fait le choix depuis longtemps d'adopter le

⁷ Les 12 transitions sont : sortie d'Afrique ; « Néolithique Bantu » ; formation de villages dans les sociétés peuples ; émergence des villes dans le monde ; concentration de l'habitat de l'Âge du Fer ; romanisation ; Antiquité tardive ; polarisation et territorialisation ; transition urbaine en France ; urbanisation de l'Afrique du Sud ; littoralisation des systèmes de peuplement ; émergence de métropoles polycentriques. Les détails du projet TransMonDyn sont disponibles à l'adresse <http://www.transmondyn.parisgeo.cnrs.fr>.

langage mathématique ou les modèles comme base de dialogue alors que d'autres s'y refusent. Si les mathématiques ne sont pas toujours une solution adaptée pour se comprendre, l'ontologie peut être une alternative efficace. L'ontologie, au sens philosophique, est un domaine de la métaphysique qui étudie l'être. Elle peut être une ontologie descriptive (basée sur le langage), formelle (structurant la réalité) ou formalisée (basée sur la logique). Elle permet de standardiser les mots, de se mettre d'accord à leur propos. De la même manière qu'un modèle mathématique va décrire, structurer ou formaliser la réalité par une équation, l'ontologie peut le faire avec les mots. Sans se substituer l'un à l'autre, un modèle mathématique ou une ontologie peuvent chacun être une base pour déconstruire et mettre à plat les concepts afin de pouvoir instaurer un dialogue.

Fabien Pfaender (Université de technologie de Compiègne) a exposé dans son intervention une méthodologie de recherche interdisciplinaire tout à fait différente basée sur la science des données⁸, qui pose bien des questions. Le traitement quantitatif « neutre » préalable à toute appropriation disciplinaire serait un support possible de communication. Son travail se fonde sur son expérience de recherche en Chine, où de nombreuses disciplines sont sollicitées pour mettre en commun leurs approches en vue de définir une « ville idéale », ou *smart city*. Pour réaliser cet objectif, trois étapes se succèdent. La première est celle de l'acquisition de données brutes, urbaines, en grande quantité et par tous les moyens possibles (capteurs physiques, enquêtes, etc.). La seconde est le traitement quantitatif, où intervient la science des données, qui sait faire émerger des hypothèses et des visualisations à partir des données brutes. Enfin, la troisième étape est celle des études disciplinaires, sollicitées pour analyser en profondeur les hypothèses mises au jour par les *data scientists*. Mais les experts de l'ingénierie des connaissances peuvent-ils remplacer les disciplines scientifiques ? Le traitement informatique des données, le *data mining*, peut-il se substituer au dialogue et à l'explicitation des choix de recherche ? La manière dont F. Pfaender traite l'interdisciplinarité, qui vient sans doute de la demande du partenaire chinois d'accompagner en urgence une urbanisation très rapide, pose la question de comment rendre l'interdisciplinarité plus opérationnelle. En effet, confronter des disciplines, des méthodes et des langages différents, reste un processus relativement incertain, soumis à des difficultés d'ordre pratique.

Christophe Sibertin-Blanc (Université Toulouse 1) a illustré, par une chronique d'une recherche pluridisciplinaire sur la gestion agricole de l'eau, comment la construction progressive de la question a rendu

⁸ Science combinant mathématiques, informatique, statistiques et visualisation des données.

inopérants certains éléments qui avaient explicitement été affichés dans le projet pour obtenir un financement. La construction en commun nécessitant du temps et l'implication des chercheurs, sans garantie de résultats puisque le dialogue dépend des qualités humaines, des rôles et des intérêts des chercheurs concernés, un décalage apparaît avec des institutions de financement qui cherchent à minimiser les risques et demandent que les résultats de la recherche soient en grande partie anticipés.

Souvent, les questions interdisciplinaires ont l'avantage d'intéresser des acteurs de terrain car ils sont porteurs d'enjeux. Mais la poursuite et les résultats du projet dépendent beaucoup de la confiance, de la légitimité que chacun accorde à l'autre ainsi que du souci de la compréhension de l'autre. Il faut du temps pour passer graduellement d'une pluridisciplinarité, c'est-à-dire d'une simple mise en commun de plusieurs savoirs, à une réelle interdisciplinarité. C. Sibertin-Blanc a observé que cet apprentissage mutuel fait évoluer les personnes au cours du projet, mais qu'en cas de crise, ce sont les propositions individuelles qui reprennent toute leur importance.

Recherche d'un support de dialogue : vers des modèles intégratifs ?

La majorité des exposés présentés pendant ces rencontres ont insisté sur la recherche d'un cadre conceptuel commun, support de travail interdisciplinaire où les disciplines peuvent se rencontrer, échanger, construire ensemble. La modélisation peut aider à représenter cet objet intermédiaire, médiateur cognitif, pour construire une vision commune du monde. D. Phan a proposé un formalisme qui fait intervenir trois domaines : le domaine de référence, qui représente l'environnement étudié ; le système conceptuel, qui comprend les cadres conceptuels thématiques et le cadre conceptuel du modélisateur ; et enfin le cadre de développement, représenté par le modèle formel. Dans sa schématisation, c'est l'ontologie qui sert de médiateur entre les cadres conceptuels du modélisateur et des thématiciens. L'ontologie, au sens informatique, est la spécification d'une conceptualisation d'un domaine. C'est un ensemble de concepts/classes/catégories, structuré par des relations taxinomiques et sémantiques, qui codifie le dialogue interdisciplinaire au sein du modèle pour formaliser les différentes représentations du domaine de référence.

J.-P. Müller a proposé la construction d'une simulation multi-agents pour représenter divers points de vue sur une situation commune. Le modèle se base sur la définition et la représentation des éléments (acteurs, ressources, espaces) selon les points de vue de thématiciens.

Le modélisateur justifie la neutralité de son propre point de vue par la prise en compte des discours, sans modifications, en toute transparence. Le modèle fonctionne ensuite grâce à un ensemble de référencements, de normes constitutives (équivalences) et de normes régulatrices (interdictions) qui permet d'établir des relations entre les représentations et entre les concepts. Les agents sont les lieux d'articulation des points de vue. Pour J.-P. Müller, l'informaticien construit des briques de base pour expliciter la diversité des regards – c'est de la multidisciplinarité –, et met à disposition ses outils pour instrumenter le dialogue – on entre par là dans de l'interdisciplinarité. Le dialogue ainsi instrumenté est orienté vers la résolution d'un problème spécifique. La simplification, inhérente à la modélisation, pose toutefois la question de la prétendue neutralité du modélisateur.

Dans une optique originale d'intégration de connaissances pluridisciplinaires, Jean Le Fur (IRD) utilise le modèle pour faire dialoguer différents spécialistes biologistes de la dynamique de peuplement des rongeurs. On découvre que, sur un sujet aussi pointu, alors que les échanges entre sous-disciplines devraient aller de soi, c'est la construction d'une plateforme d'intégration informatisée de connaissances qui a amené les chercheurs à découvrir ce qu'ils pouvaient gagner en dialoguant. À partir d'une analyse bibliographique et d'enregistrements d'entretiens avec des chercheurs du même laboratoire, les concepts et les termes sont classés jusqu'à obtenir des types communs à toutes ces sous-disciplines. Deux ontologies sont produites, une ontologie des représentations des chercheurs et une ontologie des savoirs, qui servent à l'élaboration du cahier des charges du modèle. La plateforme de simulation informatique est ensuite validée par des simulations multi-agents basées sur cinq études de cas très contrastées⁹, en termes d'objets, d'échelles et de méthodologies. Ce modèle constitue un cadre de représentation qui parvient à rendre compte de phénomènes variés appréhendés par des sous-disciplines qui ne dialoguaient pas entre elles alors qu'elles traitaient du même objet. Même si certains aspects peuvent difficilement être représentés ou raccordés, il est possible de créer des typologies communes pour partager les connaissances disciplinaires de spécialistes autour d'un même objet.

Enfin, Nils Ferrand et Géraldine Abrami (Irstea) ont présenté une modélisation qui se rapproche plutôt de l'ingénierie des connaissances. Ils proposent un jeu de rôle, qualifié de simulation participative adisciplinaire,

⁹ Quatre études de cas portent sur des rongeurs africains : l'hybridation en cage ; l'hybridation en enclos ; la méthode « capture-marquage-recapture » dans une réserve africaine ; l'épidémiologie et le transport du rat noir par des véhicules commerciaux au Sénégal. Une étude de cas se situe en France : l'évolution d'une population de campagnols dans un paysage dynamique.

dans une posture post-normale¹⁰. Ils utilisent un plateau de jeu et un ensemble de cartes et de règles afin que les joueurs, acteurs de la gestion des ressources naturelles, mettent en scène et confrontent leurs propres représentations de la réalité. L'objectif est que les acteurs mettent en lumière leurs propres savoirs : ils construisent un modèle, se l'approprient, formalisent leurs relations et les problèmes auxquels ils doivent faire face, et le dialogue s'organise autour de cette construction. L'interdisciplinarité est ici conçue comme un dialogue orienté vers l'action, pour des réponses à des problèmes socio-écologiques concrets. La nécessité d'agir vite demande peut-être un certain lâcher-prise des disciplines, qu'elles acceptent de se « faire réduire », qu'elles acceptent l'incomplétude. Des biais apparaissent toutefois lorsque des informations sont retenues ou lorsque la confiance entre acteurs n'est pas totale.

Le modèle apparaît comme un outil particulièrement utile dans la réunion de différents points de vue, et dans l'assemblage de connaissances hétérogènes. Mais une partie du débat réside dans le type d'assemblage : réunion, confrontation, intégration, articulation ; tous ces termes ne sont pas équivalents. Comment définir un niveau de complexité cohérent avec les objectifs de recherche initiaux ? Plusieurs niveaux de complexité répondront à des questions de recherche différentes. La neutralité de la mise en œuvre de la formalisation se pose également : existe-t-il des concepts génériques, des briques de base qui seraient indépendants du contexte, des agents ou des méthodes ? Dans le processus de construction du modèle, la sélection initiale des mécanismes par les disciplines et la validation des hypothèses d'entrée sont aussi importantes que la formalisation des postulats, l'analyse des résultats et la calibration du modèle.

Conclusion : ouverture des frontières et innovation

Ces 21^{es} journées de Rochebrune ont été l'occasion de mener une réflexion aboutie sur des méthodes de travail évolutives, qui nécessitent une ouverture à d'autres disciplines, mais aussi aux décideurs et aux acteurs de la société. La question qui est revenue très régulièrement est une recherche d'unification à travers un langage (mais le langage sert d'abord à construire des frontières), un cadre conceptuel (mais ce n'est pas la direction que prend l'hyperspécialisation des chercheurs illustrée par

¹⁰ La posture post-normale implique un dialogue entre chercheurs, décideurs et citoyens, afin de répondre à une situation de fortes incertitudes scientifiques et sociétales. C'est la qualité du processus d'interaction qui est plus important que la décision elle-même.

l'exemple des rongeurs présenté par J. Le Fur) et peut-être un point de vue commun (mais pourquoi ne pas emprunter des ponts à construire entre des points de vue différents).

Dans tous les cas, c'est l'innovation qui est recherchée dans le travail interdisciplinaire, par la création de nouveaux liens, par une réorganisation et une reconstruction des savoirs. Les logiques disciplinaires semblent avoir été en grande partie explorées ; comment maintenant varier et enrichir les points de vue en les articulant ? Force est de constater que le champ des interdisciplinarités est immense et que l'on commence tout juste à l'étudier.

Le modèle apparaît comme un outil efficace de traduction dans un langage acceptable, mais la question de sa neutralité se pose encore. En cherchant à tout prix à

trouver une base commune de travail, ne risque-t-on pas de lisser le paysage interdisciplinaire, d'uniformiser les sciences vers une logique mathématique et d'engendrer une domination des sciences de l'information ? Les différents exposés ont montré que la modélisation de systèmes complexes peut être un moyen de coconstruire en créant un langage et un support génériques, ou en facilitant par une représentation l'intégration d'un ensemble de connaissances hétérogènes. Ne faut-il pas alors rééquilibrer les relations entre thématiciens et modélisateurs afin de remettre en cause la prétendue neutralité des seconds ? L'analyse des systèmes complexes constitue donc toujours un défi pour l'interdisciplinarité et la question reste de savoir quelle interdisciplinarité peut y répondre.