

## **En traversant la pelouse : de la biologie aux mathématiques**

Marc Jarry

Département de Mathématiques Appliquées, URA-CNRS 1204

IPRA-UPPA, avenue de l'université, 64000 Pau, France

et

Groupe de Réflexions Transdisciplinaires (G.R.T.)

IRSAM-UPPA, avenue du Doyen Poplawski, 64000 Pau, France

### **Résumé**

Entre diverses disciplines biologiques et les mathématiques, il existe des domaines aux frontières plus ou moins floues, mais bien identifiées comme relevant de l'interdisciplinarité. Après une brève présentation de quelques-uns de ces lieux de rencontre entre chercheurs de disciplines différentes, nous aborderons le rôle-clé joué par la modélisation, vue surtout comme un mode de communication. La nature même des recherches entreprises nous amènera à souligner la pertinence de la notion d'indisciplinarité, fortement liée à l'acceptation de la complexité. En conclusion seront proposées trois réflexions de nature transdisciplinaire sur la question du réel, le statut de l'expérience et le problème de la scientificité de ces démarches indisciplinaires.

### **Abstract**

Between biology and mathematics exist some fields of knowledge with soft boundaries but that are defined as interdisciplinary. Some of these fields are briefly presented and the key-role of models as a communication medium is discussed. The intrinsic character of studied objects will lead us to underline the relevance of the idea of indisciplinarity, with reference to complexity. In conclusion, three transdisciplinary considerations are proposed about the question of reality, the status of experiment and the scientificity of interdisciplinary approaches.

Les pelouses de nos universités sont sillonnées de chemins non prévus par les architectes. Sur le campus de Pau, de telles diagonales vont par exemple de la bibliothèque au restaurant universitaire. Cette topographie qui s'inscrit sur nos campus est pleine de sens et son évolution serait passionnante à suivre. En revanche, le cheminement qui me mène du bâtiment de biologie à celui des mathématiques n'a guère de chance de laisser de traces, et c'est aussi bien pour l'écologie de la pelouse. A cela, plusieurs raisons. Sa fréquence n'est pas régulière, l'état de la pelouse — il pleut souvent dans le Béarn — m'oblige à des détours plus académiques. Sa trajectoire peu apparente à certains hésitante, aléatoire voire chaotique, peut-être à l'image de ma carrière scientifique. Biologiste de formation, venu à Pau pour travailler dans un laboratoire d'écologie, je poursuis actuellement mes recherches au laboratoire de Mathématiques Appliquées ... tout en gardant mon bureau chez les biologistes. D'où mes randonnées sur les pelouses de l'Université, les deux bâtiments étant séparés de quelques centaines de mètres.

Cette trajectoire quelque peu curieuse ne pouvait, à un moment ou un autre, que rencontrer le Professeur Jean Deschamps et le Groupe de Réflexions Transdisciplinaires de Pau. Je n'aurais pas la place de parler ici de la richesse de la confrontation entre biologistes, géographes, sociologues et juristes mais je dois dire que les cheminements de ce côté-là aussi valent le détour comme en témoigne, entre autres exemples, le remarquable ouvrage "Sciences de la nature, sciences de la société — Les passeurs de frontières" (1).

Cette introduction me permet déjà de préciser ce que j'entends par transdisciplinarité : on l'aura compris, c'est le côté cheminement, l'aspect randonnée, plus indisciplinée que disciplinaire, la connotation "à travers" plutôt "qu'au-delà" de préfixe *trans* qui m'importe. Comme le remarque Solomon Marcus, cette interprétation (et surtout cette pratique) de la transdisciplinarité "*semble la plus réaliste, la plus utile et la plus opérationnelle*" (2). Mais les paysages traversés restent encore un peu vagues, précisons de quelles biologies et de quelles mathématiques je parle.

### **Brefs détours en des domaines aux frontières diffuses**

Partons d'un domaine relativement bien identifié au plan institutionnel, *la biologie des populations*. Disons simplement que cette discipline se donne pour objet d'étude les

populations naturelles. Cette démarche a été rendue possible par la reconnaissance du rôle-clé de cette échelle de structure dans les problèmes démographiques, génétiques, écologiques et évolutifs (3). Dans le découpage systémique de la nature, ce niveau est une composante essentielle des écosystèmes. Il est clair qu'une telle démarche est, au moins, interdisciplinaire. Le dynamisme de cette approche est attesté par les réunions annuelles du Groupe de Biologie et Génétique de Populations, fondé en 1979 à la suite d'un colloque, organisé à Seilhac par des généticiens des populations, sous les auspices du CNRS. Le concept fait son chemin et, en 1982, la section "Ecologie" du Comité National du CNRS est rebaptisée "Biologie des populations et des écosystèmes" <sup>1</sup>. Un des points forts de ce groupe reste sans conteste la génétique des populations, discipline où les mathématiques ont toujours eu une grande importance : pour les fondateurs (J.B.S. Haldane, R.A. Fisher et S. Wright), il s'agissait de construire une véritable mathématique de l'évolution, synthèse de la théorie mendélienne et de l'apport du darwinisme. Ce "réductionnisme" n'a pas été sans poser de problèmes à certains dont l'approche était plus "naturaliste". Il semble cependant que cette querelle soit aujourd'hui dépassée tant les compétences des uns et des autres sont nécessaires pour traiter des problèmes comme celui de la biodiversité dont l'importance est maintenant reconnue par tous.

Pour un biologiste des populations, une population naturelle est donc structurée. La description de ces structures fait largement appel aux statistiques et en particulier à ce que l'on appelle "l'analyse des données", domaine particulièrement bien représenté en France sous l'impulsion des travaux de Benzécri (4). Plus généralement, on peut rassembler les méthodes mathématiques dont a besoin le biologiste sous le terme de *biométrie* "ensemble des mathématiques qui peuvent être utiles dans les Sciences de la Vie" selon la définition de Richard Tomassone *et al.* (5). On voit donc apparaître entre le biologiste et le mathématicien un "passeur de frontières" qu'on appelle le biométricien.

"*Mais la biométrie, ça n'existe pas !*" ai-je cependant entendu un jour de la part d'un responsable universitaire. Il a raison si l'on consulte la liste des 74 sections du Conseil National des Universités ou celle des 40 sections du Comité National du CNRS. Il a tort si l'on considère que les sociétés savantes sont une des composantes importantes de nos

---

<sup>1</sup> Elle s'appelle maintenant (en 1995) "Diversité biologique, populations, écosystèmes et évolution".

institutions scientifiques. Car il existe bien une Société Française de Biométrie, branche française de la Société Internationale de Biométrie fondée en 1947 à la suite de la première conférence internationale de Biométrie et dont le premier président fut le célèbre statisticien R.A. Fisher, un des fondateurs, nous l'avons vu, de la génétique des populations. Est-ce à dire que la biométrie devrait être une discipline reconnue en temps que telle ? Ce n'est pas sûr, et il est intéressant de noter l'avis des biométriciens eux-mêmes comme R. Tomassone *et al.* (6) qui déclarent : "*La Biométrie n'est pas une discipline : c'est un métier qui implique l'utilisation de concepts et de symboles mathématiques, outils nécessitant un emploi massifs d'ordinateurs ; c'est aussi une philosophie de l'approche des phénomènes vivants*".

Mais laissons là pour l'instant ce problème et continuons notre randonnée dans ces régions aux frontières de la biologie et des mathématiques. On parle souvent de Physique Théorique, pourquoi n'existerait-il pas une Biologie Théorique ? Et bien justement il existe une Société Française de Biologie Théorique. C'est une société qui aime à ce réunir dans des abbayes comme celle de Solignac où dans d'anciens séminaires comme celui de St Flour. Ce n'est pour autant ni une société secrète, ni une société fermée. Elle est au contraire très ouverte : fondée en 1976 par un physicien, Pierre Delattre, dont le cheminement transdisciplinaire a été étonnant (7), elle a été présidée par le mathématicien René Thom. On lui doit l'organisation d'un colloque remarquable qui est devenu une référence dans l'histoire de la modélisation (8) et la publication de nombreux ouvrages qu'il serait trop long d'énumérer ici. Ses séminaires sont un lieu propice aux démarches transdisciplinaires, d'abord par la qualité de l'écoute du discours des autres et la convivialité qui y règne.

D'autres structures se développent. Il n'est pas possible d'en faire ici la liste exhaustive. Avec le deuxième congrès européen de mathématiques appliquées à la biologie et à la médecine qui s'est tenu à Lyon en décembre 1994, se dessine les contours d'une Société Européenne de Biomathématiques. Les réseaux se développent, par exemple le Groupement de Recherches (GDR) "Outils et modèles de l'automatique pour la dynamique des écosystèmes et le contrôle des ressources renouvelables" soutenu par le Programme Interdisciplinaire de Recherche du CNRS "Environnement Vie et Sociétés" (9). Comme son nom l'indique, ce réseaux national regroupe des mathématiciens un peu particuliers (les

automaticiens), des biométriciens, des écologistes et des halieutes. Des réseaux plus locaux prennent forme, des séminaires ouverts à des chercheurs de disciplines différentes voient le jour, de nouvelles revues se créent comme le *Journal of Biological Systems*.

Tout cela montre qu'il existe entre la biologie et les mathématiques de vastes territoires aux contours encore incertains, au statut plus ou moins officialisé, lieux encore très ouverts où la démarche transdisciplinaire est possible. Avec quels moyens ? Solomon Marcus (10), en évoquant cette question les résumait ainsi : "*Pour le moment, le compromis adopté peut se résumer en deux mots : modèles et métaphores.*" Je suis plus optimiste que cet auteur, sans doute parce que mes objectifs sont plus restreints ; pour moi la modélisation est bien plus qu'un compromis, c'est ma pratique de la transdisciplinarité.

### **La modélisation comme outil et mode de communication**

"*Un modèle est une représentation symbolique de certains aspects d'un objet ou d'un phénomène du monde réel*" selon la définition d'Alain Pavé (11). Le mot a envahi la littérature scientifique mais, dans le domaine biologique, ce phénomène est relativement récent. Jean-Marie Legay rappelait en 1973 que les modèles "... *sont restés très longtemps implicites, entendre par là qu'on en usait sans en avoir pris conscience. C'est seulement depuis peu qu'ils sont devenus explicites, et qu'ils ont brusquement envahi la pensée scientifique en s'érigeant en méthode*" (12). Rappelons que le modèle est d'abord un outil qui répond à un objectif, donc à une action. Mais il est aussi un mode de communication et c'est cet aspect que je vais évoquer ici.

Même au sein d'un groupe de biologistes de formation différente, la collaboration n'est pas toujours évidente. La mise en oeuvre commune d'un modèle peut devenir le lien qui manquait à une recherche pluridisciplinaire certes mais encore cloisonnée (13). On commence souvent un modèle par des petits dessins, qui peuvent devenir des objets mathématiques bien identifiés, les graphes. De ces graphes se déduisent l'écriture d'équations (14, 15 entre autres exemples). Ce formalisme met très vite à nu les éléments implicites de nos discours. La plupart du temps, il s'avère qu'il faut les traduire en hypothèses. Ces premières étapes de la modélisation font souvent l'effet d'un dépoussiérage salutaire. Par la suite, et même si le traitement mathématique des équations devient affaire de spécialistes, on reviendra

certainement au graphe lors des étapes de validation du modèle, étape qui oblige généralement à revoir les hypothèses. C'est bien l'existence de cette boucle en retour dans l'élaboration des modèles qui fait la richesse de la méthode et qui permet de ne pas rompre le dialogue entre les divers intervenants.

Il y aurait encore beaucoup à dire sur cet aspect de la modélisation, mais je voudrais maintenant revenir sur les justifications profondes de cette approche qui rassemble des chercheurs venus de disciplines différentes.

### **Complexité et indisciplinarité**

A trop invoquer la complexité, on risque d'en tuer l'idée. Je veux donc juste rappeler ici, avec J.M. Legay (16), que *"la complexité est une décision"*. C'est parce que nous percevons maintenant certains objets comme complexes que nous ne pouvons plus nous contenter du point de vue d'une seule discipline. C'est en ce sens que les recherches que j'évoque ici sont *indisciplinaires*, au sens de J.M. Legay (17) qui précise : *"En débordant par nécessité des limites prescrites à son domaine traditionnel, le chercheur se donne l'occasion de voir autrement et de rencontrer d'autres collègues qui on fait la même démarche que lui à partir de leurs propres disciplines"*. Nous ne sommes pas très loin de la transdisciplinarité, au sens où je l'entends, même si cette acception apparaîtra restreinte pour certains.

### **Trois réflexions en guise de conclusion**

Je voudrais conclure par trois réflexions qui me semblent être suffisamment générales pour entrer dans le cadre d'une approche transdisciplinaire.

La première repose, une fois de plus, la question du réel. Deux définitions données à titre d'exemples illustreront la variété des points de vue : pour Basarab Nicolescu, physicien théoricien, la réalité est *"... ce qui résiste à nos expériences représentations, descriptions, images"* (18). J.M. Legay, écologue et biométricien propose une définition opérationnelle : *"Le réel sera [...] ce qui est acquis, même si on peut se tromper à son sujet, et ce qui est accessible, c'est-à-dire ce dont l'existence est supposée avec quelque raison dans l'état actuel de nos connaissances"* (19). On mesure tout l'intérêt qu'il y aurait à confronter, entre autres, ces deux points de vue.

La seconde revient sur le sens donné au mot expérience. Dans un texte remarquable intitulé "Une expérience est-elle possible ? " (20) J.M. Legay nous propose une réflexion sur l'évolution de la méthode expérimentale. Il rejette la distinction simplificatrice expérience/observation et propose comme définition "*toute procédure organisée d'acquisition d'information qui comporte, dans la perspective d'un objectif exprimé, une confrontation avec la réalité*". Il me semble qu'il y a là un point de vue susceptible de rassembler les disciplines dites "expérimentales" et celles qui ne sont pas considérées comme telles.

La troisième porte enfin sur les critères de la scientificité. Je reste convaincu qu'il faut rester popperien, au moins dans l'esprit, même si son critère de démarcation (21) apparaît aujourd'hui trop lié à une certaine forme d'expérimentation qui a largement évolué depuis. Il faut cependant que les modèles restent falsifiables ; c'est souvent l'écart aux données, l'analyse des résidus qui sont instructifs, qui révèle la faiblesse de nos connaissances et nous indique de nouvelles voies de recherche.

Vaste programme pour nourrir des réflexions transdisciplinaires dans le cadre de recherches interdisciplinaires et qui m'amènera, cela est certain, à traverser bien d'autres pelouses ...

## Références

(1) *Sciences de la nature, sciences de la société — Les passeurs de frontières*. (1992), Ouvrage collectif sous la direction de M. Jollivet, Ed. CNRS, Paris.

(2) Marcus S. (1994). Vers une approche transdisciplinaire du temps, in : *L'homme, la science et la nature*, Le Mail, Aix en Provence, p. 55.

(3) Legay J.M. et D. Debouzie (1985). *Introduction à une biologie des populations*, Masson, Paris.

(4) Benzécri J.P. *et al.* (1973). *L'analyse des données. 1 La taxinomie. 2 L'analyse des correspondances*, Dunod, Paris.

(5) Tomassone R., C. Dervin et J.P. Masson (1993). *Biométrie, modélisation des phénomènes biologiques*, Masson, Paris.

(6) Tomassone R., C. Dervin et J.P. Masson, *op. cit.*, p. 1.

(7) *Modèles et transformations. La biologie théorique et Pierre Delattre* (1993). Ouvrage collectif en hommage à P. Delattre, sous la direction de C.P. Bruter, Polytechnica, Paris.

(8) *Elaboration et justification des modèles. Application à la biologie* (1979). Ouvrage collectif sous la direction de P. Delattre et M. Thellier, Maloine, Paris.

(9) Pavé A. (1994). Plan d'action du Programme "Environnement Vie et Sociétés", *Supplément à la Lettre du P.I.R. "Environnement Vie et Sociétés"* (Décembre 1994), Ed. CNRS.

(10) Marcus S. (1994), *op. cit.* p. 70.

(11) Pavé A. (1994). *Modélisation en biologie et en écologie*, Aléas, Lyon, p. 26.

(12) Legay J.M. (1973). *La méthode des modèles, état actuel de la méthode expérimentale*, Informatique et Biosphère, Paris, p. 23.

(13) Jarry M., M. Hossaert, M. Valéro, D. Magda et A. Chaïb (1990). Construction d'un modèle et communication dans une équipe pluridisciplinaire, in : *La modélisation, confluent des sciences*, Ed. CNRS, Paris, p. 141-149.

(14) Jarry M., M. Khaladi, M. Hossaert McKey et J.P. Gouteux (1995). Modèles matriciels en dynamique des populations : deux applications en biologie végétale et en entomologie. *Vetenary Research*, sous presse.

(15) Gouzé J.L. (1994). Structure des modèles en biologie, in : *La biologie théorique à Solignac*, Polytechnica, Paris, p. 27-40.

(16) Legay J.M. (1990). De la complexité des objets à la méthode des modèles : synthèse des travaux du colloque, in : *La modélisation, confluent des sciences*, Ed. CNRS, Paris, p. 235.

(17) Legay J.M. (1986). Quelques réflexions à propos d'écologie : défense de l'indisciplinarité, *Acta Oecologia, Oecol. Gener.*, 7 (4), p. 391-398.

(18) Nicolescu B. (1994). Niveaux de complexité et niveau de Réalité — vers une nouvelle définition de la Nature, in : *L'homme, la science et la nature*, Le Mail, Aix en Provence, p. 20.

(19) Legay J.M. (1993). Une expérience est-elle possible ?, in : *Biométrie et environnement*, Masson, Paris, p. 2.

(20) Legay J.M. (1993). *op. cit.* , p. 11.

(21) Popper K. R. (1973). *La logique de la découverte scientifique*, Payot, Paris, (ed. or. 1935).