

Big data et modèles en écologie : enjeux épistémologiques, ontologiques et politiques

Nom et Prénom du Directeur de thèse principal : Thierry Tatoni

Adresse email : thierry.tatoni@imbe.fr

Date : 06/03/2020

Unité de recherche de rattachement : IMBE, UMR 7263

Nom et Prénom du Directeur de l'unité de Recherche : Catherine Fernandez

Ecole doctorale principale : ED 251 (Sciences de l'Environnement)

Nom et Prénom du co-Directeur de thèse : Sébastien Dutreuil

Adresse email : sebastien.dutreuil@univ-amu.fr

Unité de recherche de rattachement : Centre Gilles Gaston Granger (UMR 7304)

Nom et Prénom du Directeur de l'unité de Recherche : Pascal Taranto

Ecole doctorale partenaire : ED Cognition, Langage, Education ED 356

Nouvelle collaboration (mettre une croix)

Collaboration existante (mettre une croix)

Descriptif du projet :

Deux pratiques ont profondément transformé les sciences ces dernières décennies : l'élaboration de modèles numériques et la constitution de larges bases de données digitales. Il a été revendiqué que de nouvelles sciences, ou des pratiques scientifiques radicalement nouvelles, auraient émergé. Ces transformations épistémologiques sont contemporaines de l'émergence de préoccupations environnementales et du développement de nouveaux savoirs sur l'environnement, dont l'écologie est une discipline centrale.

Cette thèse aborde conjointement ces deux transformations contemporaines en proposant une analyse épistémologique, ontologique et politique des big data et des modèles numériques en écologie.

Car, si les sciences écologiques ont une place importante sur ces deux fronts (épistémologique et environnemental), elles n'ont pas reçu l'attention qu'elles méritaient. Sur le front des liens entre informatique, Big Data et biologie, l'attention s'est davantage portée sur les sciences biologiques s'intéressant à l'intérieur des organismes (de la métaphore du « programme » génétique (Keller 2003) à la génomique contemporaine (Leonelli 2016)). Sur celui de l'environnement parce que, suivant un processus de « climatisation du monde » (Aykut 2020), le changement climatique s'est depuis les années 1990 imposé comme *le* thème à l'aune duquel juger toutes les autres questions environnementales (comme celles de pollutions locales et de biodiversité).

Cette thèse analysera les pratiques de collecte de données et de modélisation numériques à l'œuvre en écologie (axe 1) et les déplacements corrélatifs quant aux objets et concepts de cette discipline (axe 2). L'évolution des pratiques et de l'ontologie de l'écologie s'inscrit dans des régimes particuliers de production des savoirs: on analysera les politiques des sciences qui ont rendu possible et accompagné ces transformations, et les rapports que ces pratiques et représentations de l'écologie entretiennent avec l'action.

Axe I – Epistémologie et politiques de nouvelles pratiques en écologie : Big data et modèles

Les historiens, sociologues et philosophes ont décrit en détail la 'vaste machine' sur laquelle reposent les sciences climatiques, passées d'une géographie qualitative à une géophysique quantitative des modèles et des données: création d'institutions internationales dans un contexte de Guerre Froide; constructions de machines et de centres de calcul, récoltant, traitant et assimilant les données; pratiques de modélisation (Aykut et Dahan 2015 ; Guillemot 2007 ; Edwards 2010). Par contraste, l'écologie a reçu moins d'attention: les analyses ont davantage porté sur le statut des modèles que sur les pratiques de collecte, de standardisation et de traitement des données ; et elles sont plus discontinues sur le plan historique : la grande période 1960-1970 de *l'International Biological Program* (IBP) et du concept d'écosystème est souvent traitée séparément des décennies post-1980 de l'écologie post-Odum, de la biodiversité et des services écosystémiques.

Le premier axe proposera une analyse historique et philosophique (i) de l'arrivée des big data en écologie ; (ii) de celle des modèles, de leur rôle épistémologique et des liens données/modèles ; (iii) des transformations larges des pratiques de l'écologie et (iv) de la politique des sciences dans laquelle elles s'inscrivent.

(i) La collecte de données en écologie n'a rien de fondamentalement nouveau puisqu'elle hérite de la grande tradition des pratiques de classification de l'Histoire Naturelle. Quelle est la nature des éventuelles transformations contemporaines (quantitatives et/ou qualitatives) liées à la création de larges bases de données digitales? Quelles continuités et ruptures avec les pratiques préexistantes? Les données écologiques ont-elles changé de statut ? De manière plus fine, y a-t-il continuité ou rupture dans les pratiques de collecte de données entre la grande période de l'IBP et la période postérieure aux années 1980 ?

(ii) Une justification importante de l'essor des modèles numériques est qu'ils permettent de réaliser des prédictions. Si le statut des prédictions des modèles *en général* a été débattu par la philosophie des sciences, le cas particulier des prédictions du futur et du rôle des modèles en écologie, compte tenu des spécificités de cette discipline, a reçu moins d'attention, sinon récemment (e.g. Coreau et al. 2009, 2010 ; Mouquet et al. 2015 ; Maris et al. 2018). Poursuivant ces réflexions, on s'interrogera sur les fonctions épistémologiques des modèles (outre celles de prédiction), et sur les questions suivantes : Quelles articulations historiques existent entre l'essor des big data en écologie et l'essor des modèles numériques? Quelles relations épistémologiques entretiennent les données actuelles, passées (paléo) et les prédictions quantitatives futures ?

(iii) En sciences de la Terre, l'essor pendant la guerre froide d'une géophysique quantitative basée sur des données et des modèles a éclipsé en partie une géologie plus qualitative, basée sur des interprétations de terrain. Qu'en est-il des grandes transformations en écologie ? Peut-on analyser quantitativement la manière dont les pratiques se sont modifiées dans cette discipline dans la seconde moitié du vingtième siècle ?

(iv) Dans quel régime de production des savoirs ces transformations se déploient-elles ? L'essor des modèles prédictifs est lié à un agenda particulier : la prédiction du futur de l'environnement pour mieux le gérer. L'essor de la mise en donnée de la biodiversité a déjà été analysé comme dispositif de gouvernement de la nature (Devictor 2016). Quel paradigme d'action publique en matière de gestion de l'environnement sous-tend l'essor des Big Data et modèles en écologie ? Quelle place occupe les dispositifs récents de « science citoyenne » ou de « science participative » dans cette économie des sciences ? Quelle place reste-t-il pour un travail d'élaboration théorique, perçu comme devenu obsolète face à la puissance des algorithmes nourris par les big data (Maris et al. 2018) ? Quels liens entretiennent ces tendances épistémologiques avec le renforcement d'une appréhension marchande et utilitariste de la nature du côté des pouvoirs publics ? Le cas du climat a exemplairement montré que le modèle suivant lequel une bonne connaissance entraînerait une bonne action

était défaillant. Quelles autres conceptions du rôle de la science en situation de crise environnementale peuvent être élaborées et quels types de pratiques scientifiques seraient alors favorisées ?

Axe II – Ontologies et axiologies de l'écologie : généalogie et analyses contemporaines

Une transformation importante de l'écologie au XX^e siècle vient d'une innovation ontologique : l'élaboration du concept d'écosystème. On sait le succès théorique et programmatique qu'a connu la métaphore comparant les écosystèmes à des machines cybernétiques en équilibre, fondant l'écologie des écosystèmes et sous-tendant le financement de larges programmes de recherche de récoltes de données et d'élaboration de modèles dans les années 1960 et 1970 (comme l'IBP) (Kwa 1987, 1993 Golley 1993). On dispose d'analyses philosophiques de l'ontologie de l'écologie des communautés et de ses modèles mathématiques (e.g. Justus 2014 ; Huneman 2014). On sait également que l'essor de sciences des changements globaux et de modèles prédictifs de ces changements a été accompagné de réflexions sur un nouvel objet d'étude pour les sciences de la Terre – le « système Terre » - (Dutreuil 2016), et que l'écologie, prise dans ces programmes, a été incitée à modifier ses échelles d'étude pour fournir des données globales (Kwa 2005). Plus récemment, des travaux ont analysé la manière dont la « biodiversité » avait été mise en donnée (Devictor 2016).

Mais manquent des travaux plus large analysant l'ensemble des changements corrélatifs de l'essor des Big Data et des modèles quant à (i) l'ontologie de l'écologie et (ii) son axiologie.

(i) Les changements *dans la pratique* de collecte de données ont-ils transformé (et comment) *les objets* de l'écologie ? Quels liens existent entre la popularité de concepts centraux de l'écologie (biodiversité, services écosystémiques) et les modifications des pratiques de cette science ? Quelles métaphores ont accompagné l'essor des big data et quels déplacements par rapport à la métaphore cybernétique des années 1960? Dans le prolongement de travaux sur l'intégration de l'écologie au sein de l'IGBP et de questions globales (Kwa 2005, Devictor 2016), ou sur la constitution de l'IPBES sur le modèle du GIEC (Borie et Hulme 2015), quels effets ont eu la « globalisation » et la « climatisation » de l'écologie sur la définition des objets de l'écologie?

(ii) Ces évolutions ontologiques sont corrélatives de transformations axiologiques. La philosophie de la nature liée à l'écologie est étroitement liée à son caractère « local » et « de terrain » (e.g. Larrère et Larrère 2015) : quels déplacements dans notre conception de la nature sont induits par la globalisation de l'écologie et la prééminence de simulations numériques ? Quelles transformations dans l'ordre de la valeur sont portées par l'essor de la quantification des « services écosystémiques » rendus par la nature (Harribey 2013, Maris 2014) ? Quelles articulations entre les transformations ontologiques et les propositions d'ingénierie écologique qui se sont développées récemment (Doré et al. 2014) ? L'ingénierie écologique tombe-t-elle sous les mêmes

critiques que la géoingénierie, dénoncée comme l'entreprise prométhéenne des physiciens de la guerre froide ayant une conception physique de la nature pouvant être prédite par des modèles et devant être contrôlée et maîtrisée (Hamilton 2013, Dutreuil 2019), ou bien repose-t-elle sur une philosophie de la nature différente ?

Cette thèse reposera sur une analyse historique de l'écologie depuis 1945, incluant la littérature scientifique et la littérature grise des agences de financement et des grandes institutions nationales et internationales ayant accompagné l'évolution des pratiques de l'écologie. L'analyse philosophique des pratiques et des objets de l'écologie s'appuiera sur la littérature en philosophie générale des sciences sur ces questions ; sur une analyse de la littérature écologique contemporaine ; et sur un travail sociologique de terrain (entretien, immersion longue) mené auprès d'écologues dont les pratiques articulent collectes de données, modèles et travail de théorisation: les équipes de l'IMBE travaillant autour de la génomique environnementale et la métabolomique; éventuellement la Station d'Ecologie Théorique et Expérimentale de Moulis.

Aronova et al. 2010 « Big science and big data in biology : from the IGY through the IBP to the LTER network, 1957-present », *Historical Studies in the Natural sciences*, 40, 2, 183-224.

Aykut, S. 2020, *Climatiser le monde*. Quae

Borie, M. et Hulme, M., 2015, « Framing global biodiversity : IPBES between mother Earth and ecosystem services », *Environmental Science and Policy*, 54, 487-496

Canguilhem, G., 1965. *La connaissance de la vie*. Vrin.

Coreau, A et al. 2009, « The rise of research on futures in ecology », *Ecology letters*, 12 :1277 :1286

Coreau, A. et al., 2010, « Exploring the difficulties of studying futures in ecology », *Oikos*.

Devictor, V. 2018 *La prise en charge technoscientifique de la crise de la biodiversité*, Thèse de Doct. U-Paris1.

Doré, A. et al. 2014 *Inénierie écologique. Action par et/ ou pour le vivant ?* Quae.

Goley, F.B., 1993. *A history of the ecosystem concept in ecology : more than the sum of the parts*. Yale UP

Hamblin, JD 2013. *Arming mother nature*. Oxford University Press.

Harribey, J-M., 2013, *La richesse, la valeur et l'inestimable*. Les liens qui libèrent.

Huneman, P. 2014, « Individuality as a theoretical scheme », *Biological theory*, 9, 4

Kwa, C., 1987. « Representations of nature mediating between ecology and science policy : the case of the International Biological Programme », *Social Studies of Science*, 17, 413-442

Kwa, C. 2005, « Local ecologies and global science : discourses and strategies of the International Geosphere-Biosphere Programme », *Social Studies of Science*, 35 ; 293

Leonelli, S. 2016, *Data centric biology : a philosophical study*.

Mouquet, N. et al. 2015, « Predictive ecology in a changing world », *Journal of applied ecology*, 52, 1293-1310

Maris, V., 2014, *Nature à vendre, les limites des services écosystémiques*. Quae.

Maris et al., 2018, « Prediction in ecology : promises, obstacles and clarifications », *Oikos*, 127(2), 171-183