Thomas-Vaslin, V., & Jacquemart, F. (2016). Congrès mondial pour la pensée complexe: Les défis d'un monde globalisé
https://www.reseau-canope.fr/congres-mondial-pour-la-pensee-complexe/contributions.html#bandeauPtf

Approche de la résilience et perturbations des systèmes complexespar une évaluation globale

Global evaluation of the resilience and perturbations of complex systems

Véronique THOMAS-VASLIN[1]&Frédéric JACQUEMART[2]

Thématique 3 : Ethique, décision et action

1- Dr. Véronique THOMAS-VASLIN, PhD Immunologie, chercheur au CNRS
Porteur du Réseau ImmunoComplexiT (RNSC), Comité de pilotage de l'ISC-PIF
Thématique de recherche :Immunologie de système-Modélisation de la complexité du système immunitaire et des effets de perturbations.
Rattachement :UPMC-INSERM, UMRS959
Immunology, Immunopathology, Immunotherapy
83 BOULEVARD DE L'HOPITAL, PARIS, 75013, FRANCE
Email: veronique.thomas-vaslin@upmc.fr

2-Dr. Frédéric JACQUEMART docteur en médecine, docteur es sciences et licencié en philosophie
Thématique de recherche : métamorphose culturelle et évaluation globale des technologies.
Rattachement :GIET (Groupe International d'Études Transdisciplinaires) (association)
Rue Josh Fox - Bedousses Bas 30450 Aujac
Email: frederic.jacquemart@wanadoo.fr

Résumé
En tant qu'êtres vivants, nous intégrons des systèmes complexes macroscopiques et microscopiques organisés qui s'entrelacentau cours du temps. La résilience aux perturbations des systèmes complexes est une problématique majeure liée à l'historicité et la dynamique des systèmes évolutifs et les contextes dans lesquels ils évoluent, et qui ne peut faire l'objet d'évaluation réductionniste et causaliste. La réflexion transdisciplinaire et l'évaluation globale devrait permettre d'enrichir les concepts pour allervers une pensée complexe, acceptant l'incertitudeafin demieux comprendre les propriétés d'organisation des systèmes et évaluer les perturbations imprédictibles des systèmes complexes qu'ils soient aux échelles biologiques, sociétales, écologiques ou climatiques.
Mots clés : évaluation globale, résilience, perturbations

Abstract
As humans and living beings we are integrated in complex microscopic to macroscopic organized systems, whichinterlaced and interact together through time. The resilience to perturbations of complex systems is related to the historicity and the dynamics of evolutive systems, within the context of their evolution. This preventsto use causality and reductionismto evaluate living systems. Trans-disciplinaryinteractionsproposethat global evaluation could enrich the complex thought, to accept uncertainty, to understandthe organisation of systems, and to evaluate the effect of unpredictable perturbations impactingthe world at the level of biology,society, ecologyand climate.
Key words : global evaluation, resilience, perturbations.

De la complexité aux perturbations des systèmes complexes

La biosphère, les écosystèmes, les sociétés, les personnes et les systèmes biologiques sont des systèmes complexes en interaction multi-échelles verticales et horizontales, présentant une certaine résilience mais aussi une vulnérabilité intrinsèque. La biosphère et ses sous systèmes présentant des milliards d'entités dans un espace grand mais pourtant limité (contexte de finitude), avec des milliers de processus les mettant en interaction par des boucles de régulations, sont trop complexes pour qu'il soit possible de prédire l'ensemble des réactions en réponse aux activités humaines et notamment aux technologies nouvelles. Des phénomènes aléatoires, des restrictions et l'historicité guident l'organisation globale des systèmes vivants pour aboutir à une fonctionnalité cohérente. La perte d'organisation des systèmes complexes au cours de perturbations et/ou de leur vieillissement, associée à la perte de fonctionnalité du système (perte de résilience) représente un problème pour les différents niveaux d'échelles.

Relier les connaissances et la culture scientifiques, de la biologie, à la culture des sociétés et de l'humanité demande de traverser les échelles de temps et d'espace et de faire abstraction des entités en tant que telles pour se pencher davantage sur les processus évolutifs des systèmes, de leur diversité, de leur contexte et des interactions dynamiques qui les lient. Des processus locaux microscopiques (typiquement une épidémie par un agent infectieux), peuvent influencer par percolation les décisions humaines, sociétales et économiques, dont les décisions peuvent aussi influencer la biodiversité, nos modes de vies, notre stress, notre métabolisme, notre santé et notre longévité. La relation entre biologie et humanisme est donc directe bien que souvent les sciences traitant des aspects biologiques, écologiques, sociaux et sociétaux soient séparées. Le système immunitaire occupe une place déterminante par la complexité de son organisation et de ses relations, à la frontière de chaque « organisme », pour la décision et l'action de l'homme en tant qu'individu, et agit également au niveau sociétal. S'il est difficile d'étudier les macrosystèmes tels que la biosphère ou les systèmes écologiques ou sociaux, les systèmes biologiques microscopiques complexes et multi-échelles, tels que le système immunitaire, peuvent représenter un objet d'étude approprié. D'autre part comprendre la complexité de ce système vivant critique et chaotique (Thomas-Vaslin, 2015) peut permettre d'approcher la complexité à d'autres niveaux, par exemple sur la résilience des systèmes (Thomas-Vaslin, 2014). Les approches de la trace humaine et de la trace du corps ont permis récemment d'aborder la trace du système immunitaire chez l'humain (Thomas-Vaslin, 2017), à la fois issu de trace et constructeur de traces (Galinon-Mélénec, 2011, 2014).Sur ces bases on peut proposer des hypothèses sur l'évolution de la diversité, la variabilité, le vieillissement et la résilience aux perturbations des populations dont les propriétés pourraient traverser les échelles, et les tester.

Organisme et organisation

Un organisme vivant est caractérisé par une forme d'organisation complexe de populations cellulaires hétérogènes et d'origines variées, qui permet la survie et la reproduction avec de petites variations, dans un contexte évolutif, traverse le temps et les contraintes avec des réponses, vues comme adaptatives par un observateur. L'autopoèise (Maturana, 2002; Maturana & Varela, 1980) participe à cette auto-organisation qui permet à des entités différentes de vivre ensemble, ce qui nécessite de l'énergie, engendre la production de déchets, demande des réparations et donc réclame une distribution, communication, coordination, synchronisation apparentes de tâches pour être la plus viable et adaptable possible, à travers le temps et l'espace. L'être humain observe les traces de ce parcours sélectif et en déduit des « fonctions » et « objectifs » des organismes qui ont survécu à la sélection naturelle, qui sont le produit de la variation et sélection comme proposé par Darwin (Darwin, 1859). Au niveau écosystème et social, on peut noter que les organismes ont co-évolué pour former des holobiontes multi-génomiques. Ce sont des organismes multicellulaires hébergeant un microbiote symbiotique nécessaire à la vie (Bordenstein & Theis, 2015) et le système immunitaire est indispensable pour réguler les interactions et compétitions entre ces cellules d'origines génétiques diverses et préserver la vie de l'individu. L'agrégation de ces individus multicellulaires forme des sociétés, et au sein de la société humaine des sous groupes tels des entreprises, dont à tous les niveaux les actions semblent se coordonner pour assurer des fonctions. La comparaison des systèmes d'organisation peut permettre de trouver des propriétés communes à ces systèmes complexes comportant des dynamiques d'interactions multi-échelles et non linéaires et d'éventuelles sources de bio-inspiration pour mieux comprendre le fonctionnement des organisations humaines, ou de leur désorganisation et de leur vieillissement.

On peut concevoir que les propriétés structurantes et fonctionnelles complexes et leur variations qui ont été sélectionnées au cours du temps permettent un avantage sélectif pour l'ensemble de l'organisation. Cependant, les avantages ne sont pas nécessairement transposables au niveau des entités primaires. Donc le niveau d'observation est critique pour faire l'analyse du comportement des agents que l'on peut concevoir dans une modélisation qu'elle soit théorique, conceptuelle ou permettant des simulations. L'aspect d'échelle et de l'observateur est important à considérer pour penser et appréhender les propriétés des systèmes et concevoir éventuellement l'optimisation d'un système qu'il soit biologique ou économique. L'efficacité du système immunitaire, système complexe cognitif est déterminant de la santé des êtres vivants et de l'homme en particulier, ce qui se répercute au niveau des décisions et actions humaines individuelles et collectives, des sociétés et du monde dans lequel nous vivons. Conjointement les stress et les perturbations subies influencent le comportement des sociétés, de l'homme et du système immunitaire l'homme sensible aux variations environnementales. Cet aspect est important à notre échelle humaine, car selon les types de sociétés, l'individu humain peu concevoir de préserver sa santé, longévité et celle de ses proches alors qu'à un niveau d'échelle supérieur le choix peut être dicté de préserver la société ou le rendement industriel globalement, au détriment de l'identité des individus qui la constituent et de leur bien être. Le point de vue est donc discutable et à prendre en considération dans les aspects de transposition d'échelle qui pourraient être faits afin de préserver le bien être des humains.

Réponses aux perturbations

Savoir si, malgré les activités humaines, l'état de la biosphère et des systèmes écologiques et biologiques restera compatible avec notre existence est une question majeure, pour laquelle il est urgent de mobiliser une réflexion très large. La croissance de la puissance technique, l'épuisement des ressources naturelles et l'augmentation sur-exponentielle des capacités humaines à agir sur la nature, ou encorela propagation subite d'organismes tels des OGMinduit des modifications manifestes et inquiétantes appelant à envisager différemment les impacts des perturbations et des techniques nouvelles sur l'évolution et l'effondrement possible des systèmes complexes que nous composons. Les dynamiques chaotiques, imprédictibles, des signes précurseurs de l'effondrement des systèmes écologiques et changements globaux doivent être mieux étudiés, notamment les effets de seuil et de basculements brutaux et irréversibles des systèmes complexes.

Un changement brutal dans un système, immunitaire, écologique ou social vont modifier les aspects de compétitions, migration et l'organisation spatiale ou la transition des informations entre les niveaux d'échelle. Les systèmes ne pourront absorber les variations qu'au cours du temps et non de façon brutale. Les taux de régénération d'un système dépendent des ressources et de leur renouvellement. Au travers des échelles écologiques et sociales, la dégradation du renouvellement et de l'abondance des ressources ou de la migration temporo-spatiale peut donc influencer la robustesse et la résilience du système à absorber des chocs(Anderies & Hegmon, 2011) en faisant des systèmes critiques plus sensibles aux conditions de variations qualitatives ou quantitatives.

En effet, contrairement aux objets physiques, les objets biologiques changent leurs éléments de régularité au cours du temps. Les trajectoires phylogénétiques et ontogénétiques des organismes sont à voir comme des cascades de tels changements, de la reproduction cellulaire à la réorganisation d'un écosystème et aux spéciations qui peuvent en suivre. Dans ce cadre, l'historicité est au cœur de la détermination. Au caractère restrictif des contraintes, par exemple sur la reproduction avec variation, il faut ajouter l'analyse de l'«enablement» la co-constitution des trajectoires phylo- et onto-génétiques et de l'écosystème qui «rend possible» la nouveauté, typiquement des nouveaux observables(Longo & Montévil, 2013). Le hasard biologique ne se situe plus seulement à l'intérieur d'un espace de description pré-donné comme en physique (un espace qui serait condition de possibilité pour le physico-mathématique, disent les philosophes), mais au niveau de la constitution même de cet espace. Il existe donc des conséquences scientifiques de cette originalité de la biologie(Longo & Montévil, 2014).

Des visions simplistes à une évaluation globale : enjeux philosophiques, anthropologiques et transdisciplinaires des systèmes complexes.

Face aux signaux alarmants de la crise globale – tensions sur les matières premières, changement climatique, pollution généralisée, biotechnologies affectant différentes échelles, altération de la biodiversité… – les

technologies « vertes » sont présentées comme la solution à tous nos maux. L'analyse systémique de ces innovations *high tech* met pourtant à mal les promesses simplistes du modèle économique et industriel actuel et à venir.

La science occidentale tend à projeter des visions simplifiées sur une réalité inconnue, réajustées en cas d'imprévu ou de catastrophe, et prend une ampleur nouvelle avec la biologie moderne. La croyance méthodologique en la bienveillance du contexte est de nature religieuse. Pour échapper à ce présupposé de providence nous insistons sur les voies de construction de connaissance qui révèlent le fortuit et débouchent sur des visions pluralistes. La société occidentale demande maintenant à ceux qu'elle missionne, dans tous les domaines d'activité, de lui rendre des comptes – ce qui paraît très légitime –, mais en faisant de cette exigence un instrument de normalisation généralisée. La « machine évaluative », alors même qu'elle donne de nombreux signes d'essoufflement, continue pourtant à se développer, et les tentatives effectuées tant pour la dénoncer que pour tenter d'en limiter les effets délétères n'amènent pour l'instant qu'à la renforcer. Les agences d'évaluation, diverses et variées, constituent aujourd'hui la nouvelle manière de donner des ordres et de faire de la politique sans en avoir l'air. Le contrat social de la démocratie est bel et bien entamé, si ce n'est rompu par cette forme de dictature que sont les chiffres. Les limites et dérives contemporaines de l'évaluation (des techniques, des actes, des hommes) - essentiellement quantitative, centrée sur le concept de risque, locale et causaliste, normalisante doit être repensée. Ainsi la problématique de l'évaluation est à réinterroger dans ce cadre où vulnérabilités, impératif de soutenabilité et exigence de responsabilité collective deviennent notre paysage commun.

L'évaluation standard se reconnaît principalement selon quatre caractéristiques : elle a besoin d'un principe organisateur basé la centralité du concept de risque; elle est intolérante à l'incertitude ; elle reste aveugle aux paramètres non quantifiables ; elle est causaliste. L'« évaluation non-standard » vise une évaluation plurielle, humaine, tolérant l'incertitude et le complexe, visant à dépasser la casuistique de l'évaluation (l'évaluation « cas par cas ») sans pour autant tomber dans un universel abstrait effaçant toute particularité(Jacquemart & Thomas-Vaslin, 2016; Jacquemart, Thomas-Vaslin, & Coutellec, 2016).

L'humanité faisant partie de la biosphère, il est crucial d'arriver à produire des moyens permettant une évaluation des effets induits par ces perturbations sur son fonctionnement à un niveau global. Un tel objectif impose un changement radical du mode de questionnement. A la volonté de prévoir quelle réponse peut entraîner tel acte, on substitue celle, vis-à-vis d'un système naturel et social complexe pris comme tel, de connaître le « niveau d'organisation » avec lesquels on interfère, sans chercher à deviner la forme des réponses engendrées par cette interférence. Ceci amène nécessairement à réexaminer, dans cette perspective, la notion même d'organisation, d'évolution des systèmes complexes et d'évaluation globale ce qui est une question philosophique, scientifique, sociétale, transdisciplinaire.

Ces problématiques ont fait l'objet de deux colloques à l'Institut des Systèmes Complexes (ISC-PIF)[1]dans le cadre du réseau thématique ImmunoComplexiT (http://www.immunocomplexit.net/) du RNSC qui ont permisde réunir des chercheurs de différentes disciplines, biologistes, théoriciens, épistémologues, mathématiciens, philosophes [2] …. Plusieurs publications adressent ces questions de façon plus détaillées(Jacquemart & Thomas-Vaslin, 2016; Jacquemart et al., 2016; Rémondet et al., 2014; Thomas-Vaslin, 2016). Ces questions qui restent ouvertes devront être développées à travers les domaines étudiés tels que les systèmes écologiques, les comportements sociaux, l'effondrements des civilisations, l'organisation et perturbations en biologie, lié aux comportements des grands réseaux, nœuds des systèmes complexes conférant les aspects cognitifs et anamnestiques de tels systèmes évolutifs.

[1] Colloque ImmunoComplexiT4 voir les résumés des intervenants https://immunocomplexit.wordpress.com/events/immunocomplexit-4-12-14-octobre-2015/

[2]**Voir les intervenants du colloque Evaglo** le 14 octobre 2014 (http://www.evaglo.net/)qui ont participé à cette réflexion.

•

Bibliographie

Anderies, J. M., & Hegmon, M. (2011). Robustness and resilience across scales: migration and resource degradation in the prehistoric US southwest. *Ecology and Society, 16*(2), 22

Bordenstein, S. R., & Theis, K. R. (2015). Host Biology in Light of the Microbiome: Ten Principles of Holobionts and Hologenomes. *PLoS Biol, 13*(8), e1002226. doi: 10.1371/journal.pbio.1002226

Darwin, C. (1859). On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life. Londres: John Murray.

Galinon-Mélénec, B. (2011). *Du diagnostic médical au diagnostic social, le signe-trace au fil des jours* (C. éditions Ed.). Paris.

Galinon-Mélénec, B. (2014). *The future of the "Homme-trace", A substantial societal challenge »* Paper presented at the NETCOM. http://netcom.revues.org/1554.

Jacquemart, F., & Thomas-Vaslin, V. (2016). L'évaluation globale des technologies. In B. Bocquet (Ed.), *La Fièvre de l'évaluation* (pp. 196): Presses Universitaires du Septentrion.

Jacquemart, F., Thomas-Vaslin, V., & Coutellec, L. (2016). Pour une évaluation globale des OGM : Des perspectives épistémologiques renouvelées pour l'analyse des risques

Longo, G., & Montévil, M. (2013). Extended Criticality, Phase Spaces and Enablement in Biology. *Chaos, solition and fractals, 55*, 64-79.

Longo, G., & Montévil, M. (2014). *Perspectives on organisms: biological time, symmetries and singularities* (D. Springer Ed.). Berlin: Springer.

Maturana, H. R. (2002). Autopoiesis, structural coupling and cognition: a history of these and other notions in the biology of cognition. *Cybernetics and human knowing, 9*, 5-34.

Maturana, H. R., & Varela, F. J. (1980). *Autopoiesis and Cognition: The Realization of the Living*: D Reidel Pub Co.

Rémondet, M., Jacquemart, F., Thomas-Vaslin, V., Coutellec, L., Blondel, J., Bouleau, N., . . . Schmid, A. F. (2014). Pour une évaluation globale des OGM : Des perspectives épistémologiques renouvelées pour l'analyse des risques programme « EvaGlo » dans le cadre du programme « RiskOgm » (rapport complet): Ministère de l'écologie et du développement durable.

Thomas-Vaslin, V. (2014). Evaluation de la résilience et des perturbations des systèmes complexes. *La lettre de l'inSHS du CNRS*. Retrieved from: http://www.cnrs.fr/inshs/Lettres-information-INSHS/lettres-informationINSHS.htm

Thomas-Vaslin, V. (2015). Complexité multi-échelle du système immunitaire: Evolution, du chaos aux fractales. In E. Matériologiques (Ed.), *Le vivant critique et chaotique* (pp. 333). Paris.

Thomas-Vaslin, V. (2016). Contribution à une évaluation globale des systèmes complexes et des perturbations: l'exemple du système immunitaire. *2016*, EVAGLO: Contribution à une évaluation globale des OGM : des perspectives épistémologiques renouvelées pour l'analyse des risques. Retrieved from: http://www.rechercheriskogm.fr/fr/page/evaglo - contributions

Thomas-Vaslin, V. (2017). Le rôle des traces dans le système immunitaire : des anticorps au corps. In L'Homme-trace (Ed.), *Traces du corps* (Paris CNRS éditions ed., Vol. 4).