

## **Réseau INRAE (MathsNum)**

### **Viabilité : robustesse, durabilité, adaptabilité, résilience**

#### **Animateurs et participants.**

Porteur : Isabelle Alvarez (LISC, Irstea)

Animateurs : Sophie Martin (LISC, Irstea), Alain Rapaport (MISTEA, INRA),  
Francesco Accatino (Sadapt, INRA), Rodolphe Sabatier (Ecodéveloppement, INRA)

Participants potentiels année 1 : Jean-Denis Mathias (LISC, Irstea), Guillaume Deffuant (LISC, Irstea), Anya Désilles (ENSTA), Pedro Gajardo (USM), Michel De Lara (ENPC), Mabel Tidball (Lameta, INRA), Katrin Erldenbruch (G-eau, Irstea), Jean-Philippe Terraux (ETBX, Irstea), Antoine Brias (UCSC), Frédéric Joly (UMRH-INRA), Valérie Angeon (Ecodéveloppement, INRA), Patrice Loisel (MISTEA, INRA), Sébastien Roux (MISTEA, INRA).

#### **Contexte et objectifs.**

Les enjeux de société ont mis en avant les principes de gestion durable et de développement durable dans la plupart des secteurs économiques, environnementaux et sociaux [BRU]. Les travaux d'Aubin et de ses successeurs sur la théorie mathématique de la viabilité [AUB] sont à l'origine de nombreux travaux pour la gestion durable, en particulier à l'INRAE (nombreuses références des participants dans [ZAC]), ainsi que des travaux sur le contrôle dans d'autres domaines (par exemple [Mes],[BAY],etc.). Ces travaux portent sur les concepts du développement durable et leurs relations à la lumière de la théorie de la viabilité [MAR],[ACC],[SAB], des travaux sur les méthodes (algorithmes, outils informatiques [DEF],[BRI],[ALV]), les types de problèmes et les modèles (prise en compte des incertitudes, horizon, etc. ) et leur mise en œuvre dans des applications (contrôle, aide à la décision [ZAC],[TAN]). Les approches étudiées dans le réseau s'intéressent au compromis entre dynamiques et contraintes sans directement rechercher une solution optimale (dans un premier temps), contrairement aux approches traditionnelles de la théorie de la commande optimale. Les approches liées à la viabilité concernent a priori les axes méthodologiques AM2 et AM3, et les applications sont réparties sur l'ensemble des champs thématiques.

Dans un premier temps, le réseau permettra aux chercheurs du nouvel institut de partager leur expérience de ces méthodes et outils, qui sont mises en œuvre de manière différente, de constituer une culture scientifique commune, et surtout d'identifier les verrous actuels des approches basées sur la viabilité (formalisation de problèmes, développement de concept (en lien avec la résilience, les stratégies de contrôle, etc.), développements numériques (algorithmes spécifiques, analyse de sensibilité, exploration de modèle, etc.). Les chercheurs concernés ne venant pas du même institut et ne faisant pas partie du même département, il est important de favoriser les échanges et la collaboration. Le réseau pourra s'appuyer sur un site spécifique destiné aux chercheurs qui est en cours de réalisation à Irstea, permettant la déclaration de problèmes de viabilité et le dépôt d'objets viables, en proposant des outils d'exploration et de comparaison de ces objets (affichage, calcul de trajectoires, de distance, etc.). Ceci permettra dans le même temps d'augmenter la visibilité des résultats pour les personnes extérieures au réseau.

## Evolution du réseau dans le futur

Les questions théoriques liées à la viabilité ont un impact sur l'activité de modélisation, en invitant à prendre en compte les moyens potentiels d'action ou de contrôle très en amont, et d'en tenir compte dans les activités d'expérimentation. Elles ont aussi un impact sur l'activité liée à l'optimisation et au contrôle, en invitant à considérer différemment les contraintes s'exerçant sur les systèmes sociaux et environnementaux et la définition d'états souhaitables. Elles ont un impact sur la conception des dispositifs d'aide à la décision et à la négociation, en permettant la production d'indicateurs et d'arguments prenant en compte la dynamique des systèmes. Elles permettent notamment de hiérarchiser des critères et/ou de tenir compte de critères qualitatifs, qu'il est en général difficile d'aborder avec les approches d'optimisation dynamique plus classiques.

Irstea a identifié l'étude de la viabilité des systèmes environnementaux comme un défi scientifique associé à ces enjeux de société majeurs [IRS]. A l'INRA plusieurs méta-programmes se réfèrent explicitement à la gestion durable et à l'adaptation au changement climatique. Les chercheurs de l'INRAE concernés par ces thématiques sont donc très nombreux. C'est pourquoi le réseau a vocation dans le futur à s'adresser aux chercheurs travaillant sur ces questions sans se restreindre à l'approche d'Aubin. Le réseau pourra permettre d'animer une réflexion scientifique sur les concepts de la gestion durable et sur le champ de réponse de différents formalismes et disciplines (par exemple la notion de « point de basculement » (*tipping point*), dont la définition et la prise en compte dans les modèles est très différente suivant la discipline [MIL]).

Les objectifs du réseau évolueront progressivement en ce sens, suivant les possibilités des participants, en particulier en proposant un site ressource pour la viabilité, avec une part bibliographique importante et organisée ; une base de ressources tournées vers les outils : algorithmes, etc. ; une base de ressources tournées vers les applications internes (communauté INRAE) et externes, ce qui facilitera l'accès à cette approche. A terme, une fois les forces en présence et les besoins au sein du futur Institut bien identifiés, une école-chercheurs pourra être mise en place.

## Actions

Le réseau prévoit des échanges autour des pratiques de la viabilité et d'étudier la possibilité d'utilisation du site de dépôt d'objets viables (ViNO). Nous prévoyons une rencontre ciblée sur un aspect méthodologique dont les animateurs définiront le thème (la prise en compte des incertitudes, les indicateurs de viabilité, etc.) et des interventions ponctuelles pour faciliter l'utilisation du site de dépôt et le faire évoluer en fonction des besoins des participants (suivant les possibilités des animateurs). Une rencontre nationale sur 1 ou 2 jours (suivant le nombre de participants) sera organisée, avec l'objectif de devenir annuelle.

## Références

Se référer à [ZAC] pour avantage de références des participants.

[ACC] Accatino, F., Sabatier, R., De Michele, C., Ward, D., Wiegand, K., Meyer, K.M., 2014. Robustness and management adaptability in tropical rangelands: a viability-based assessment under the non-equilibrium paradigm. *Animal* 8 (08), 1272-1281.

[ALV] I. Alvarez, R. de Aldama, S. Martin, R. Reuillon : "[Assessing the Resilience of Socio-Ecosystems: Coupling Viability Theory and Active Learning with kd-Trees.](#)"

[Application to Bilingual Societies](#)”, 23<sup>rd</sup> Int.Joint Conf. on Artificial Intelligence, IJCAI'13, Beijing, China, pp. 2776-2782 (2013)

[AUB] Aubin, J.-P., 1991. Viability theory. Birkhäuser, Boston.

[BRI] Brias, A., Mathias, J.-D., Deffuant, G., 2016. Accelerating viability kernel computation with cuda architecture: application to bycatch fishery management. *Comput. Manag. Sci.* 13 (3), 371-391.

[BAY] T. Bayen, A. Rapaport. Minimal time crisis versus minimum time to reach a viability kernel : a case study in the prey-predator model. *Optim. Contr. Appl. Met.*, Wiley, 2019, 40 (2), pp.330-350. <https://dx.doi.org/10.1002/oca.2484>

[BRU] ONU. Notre avenir à tous [Rapport Brundtland]. 1987. Oxford University Press, Oxford.

[DEF] Deffuant, G., Chapel, L., Martin, S., 2007. Approximating viability kernels with support vector machines. *IEEE Trans. Autom. Control* 52 (5), 933-937.

[IRS] Irstea. Stratégie 2020. 2013. [www.irstea.fr](http://www.irstea.fr) > Stratégie 2020\_Irstea\_Version\_28102013\_BD

[MAR] Martin, S., 2004. The cost of restoration as a way of defining resilience: a viability approach applied to a model of lake eutrophication. *Ecol. Soc.* 9 (2), 8.

[MES] S. Mesmoudi, I. Alvarez, S. Martin, R. Reuillon, M. Sicard, N. Perrot : “[Coupling geometric analysis and viability theory for system exploration: Application to a living food system](#)”, *Journal of Process Control*, vol. 24 (12), pp. 18-28 (2014)

[MIL] M. Milkoreit, J. Holdbod, ... JD. Matthias et al. Defining tipping points for social-ecological systems scholarship—an interdisciplinary literature review. *Environ. Res. Lett.* 13 (2018) 033005. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aaaa75>

[ViNO] <http://motive.cemagref.fr/vino/>

[SAB] R. Sabatier, L. Mouissey. A robustness-based viewpoint on the production-ecology trade-off in Agroecosystems. *Agricultural Systems* 167 (2018) 1-9.

[TAN] F.Z.Tani, A. Rapaport, T. Bayen A hybrid control against species invasion in the chemostat, 2019. To appear in Proc. of the IEEE Conf. on Decision and Control, dec 2019, Nice, France.

[Zac] Oubraham A., Zaccour G. A Survey of Applications of Viability Theory to the Sustainable Exploitation of Renewable Resources. (2018) *Ecological Economics*, 145 , pp. 346-367. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.11.008>