



HAL
open science

Les temporalités de la résilience, un modèle complexe ?

Philippe Woloszyn

► **To cite this version:**

Philippe Woloszyn. Les temporalités de la résilience, un modèle complexe?. Penser et faire la Résilience. Risques et territoires, Mar 2017, Pau, France. hal-01541121

HAL Id: hal-01541121

<https://hal.science/hal-01541121>

Submitted on 17 Jun 2017

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Les temporalités de la résilience, un modèle complexe ?

Philippe WOLOSZYN
PASSAGES - UMR 5319 CNRS, philippe.woloszyn@cnrs.fr

Mots-clés : Intelligence territoriale, vulnérabilité des territoires, modèle inductif, systèmes évolutionnaires, théorie de la viabilité.

Préambule

La présente communication traite de la question de la temporalité, centrale dans le système de résilience des territoires. En effet, les trois piliers du développement durable possèdent des régimes temporels spécifiques. Le but ici est de comprendre quel régime temporel affecte l'autre. De fait, la convergence des trois piliers du développement durable implique une articulation des temporalités sociales, économiques et écologiques.

Introduction: la résilience de la physique aux sciences de l'homme

« Résilience » est l'un des termes les plus polysémiques compte tenu de son utilisation multidisciplinaire, notamment en sciences humaines et sociales, en environnement, en médecine et plus récemment par les économistes d'entreprise (Koninckx, Teneau, 2010). Partant d'une définition purement physique, à savoir la capacité d'un matériau à garder ses propriétés élastiques sous contrainte de pression, l'exemple de la « résilience » de haut niveau d'un matelas est un argument de vente majeur dans le domaine de la literie. En psychologie, on se sert du terme *résilience* pour désigner la capacité de se refaire une vie et de s'épanouir en surmontant un choc traumatique grave. En écologie, la résilience est la capacité d'un écosystème ou d'une espèce à récupérer un fonctionnement et/ ou un développement normal après avoir subi un traumatisme. D'un point de vue épistémologique, la résilience fait l'objet d'une guerre d'appropriation entre disciplines et entre chercheurs d'une même discipline. En France, Boris Cyrulnik, éthologue, revendique la paternité de ce concept (Cyrulnik 2010).

Ce statut polysémantique du concept de résilience pose de fait un certain nombre de questions ontologiques majeures, cette notion étant intrinsèquement considérée comme contradictoire, de l'aveu même des chercheurs de la *Résilience Alliance* (Folke & alii., 2002, Walker & alii. 2006). Ces derniers définissent la résilience comme : « capacité d'un système à absorber les perturbations, à évoluer tout en conservant essentiellement les mêmes fonctions, structures et rétroactions ».

Les travaux de la *Résilience Alliance* (Carpenter et al., 2001) la double nature « réactive » ou « proactive » de la résilience. La résilience *réactive* (relative à la dimension physique de l'action, visant à rendre le système plus *résistant* au changement grâce à sa capacité d'autonomie et d'auto-organisation) renvoie à la « capacité à faire face » à un impact donné, alors que la résilience proactive (réfèrent à la dimension sociale de l'adaptation aux aléas, à

savoir la *capacité adaptative* et le *processus d'apprentissage*), reflète la « capacité de réponse » face à l'aléa par le développement de stratégies d'adaptation planifiées (Brooks et al., 2005).

La difficulté de résolution de cet enjeu réside dans la prise en compte de valeurs non économiques, notamment écosystémiques, humaines, sociales et patrimoniales dans les analyses de vulnérabilité territoriale. La nécessité de rendre disponible une « intelligence territoriale »¹ utilisable par tous, à savoir la constitution et la diffusion des connaissances acquises lors des retours d'expérience, est essentielle pour répondre à la capacité d'adaptation permanente de la société, de l'économie et des systèmes écologiques à des enjeux qui eux-mêmes évoluent dans le temps. (Woloszyn 2012)

Un modèle inductif de la résilience ?

Partant du principe que toute la théorie mathématique développée dans l'étude du système d'une énergie (mécanique, électronique, etc.) peuvent être appliquée dans l'étude de tout autre système énergétique (économique, social, écologique), nous nous sommes inspiré du « Modèle E » (« E-model ») issu de la polémique du « Silent Weapon for quiet wars » (Cooper, 1991), qui propose une analogie simple des éléments conceptuels utilisés dans la mécanique et l'électronique en en proposant une transposition analogique aux trois dimensions du développement durable, posant de ce fait les bases d'une théorie générale de l'entropie ou « énergie sociale généralisée » (Dumas-Woloszyn 2012).

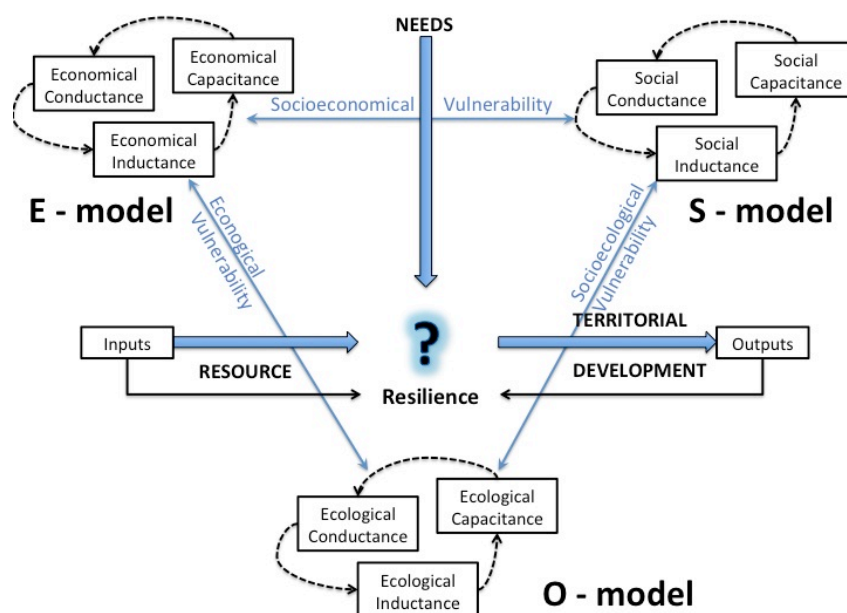


Figure 1 : transposition analogique des lois physiques aux trois dimensions du développement durable (modèle E-S-O)

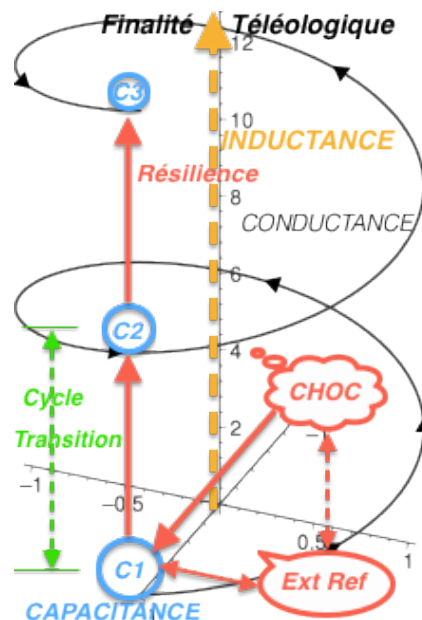
Cette analogie propose une transposition sur la base analogique des lois gouvernant l'énergie potentielle, l'énergie cinétique et l'énergie dissipative, pour identifier l'état de capacitance (associé à la notion de stock) en interaction avec les processus de conductance (notion de

1 Concept développé par le Groupe de Recherche International d'Intelligence Territoriale

flux) et d'inductance (notion d'effet). (Woloszyn 2010-2012)

La co-évolution durable des systèmes avec leur environnement mobilise de fait ces trois types de processus énergétiques, potentiel, cinétique et dissipatif, en appliquant les fonctions correspondantes aux trois piliers du développement par la formalisation des notions d'inductance économique, d'inductance sociale et d'inductance écologique (Dumas-Woloszyn 2012). Si l'inductance économique décrit le processus de « valorisation » des flux économiques dans un champ de population, l'inductance sociale expose la dynamique des « processus de socialisation » produits par les population dans leur champ environnemental, tandis que l'inductance écologique formalise les « interactions écosystémiques » dans le champ du management écologique de la biosphère de notre environnement.

L'introduction de l'inductance supplémente la capacitance (notion de stock) et la conductance (notion de flux) en ce sens qu'elle prend en compte le pouvoir de transformation des systèmes par l'effet même de leur fonctionnement dans le temps. Ce changement de paradigme qui nous fait passer d'une théorie thermodynamique des systèmes mécaniques (fermés) à des systèmes vivants (ouverts) introduit la notion de rétroaction, clé de la stabilité des systèmes fermés, prise ici comme source de leur évolution.



Echelle verticale : le déroulement du temps
 Plan horizontal : coupe temporelle
 Bleu : l'évolution des états de la capacité
 Orange : l'évolution des états de l'inductance
 Noir : le processus de conductance
 Vert : une spire comme cycle de transition
 Rouge : figuration de l'effet résilience

Figure 2 : Représentation de l'évolution des systèmes d'énergie sociale généralisée

Ainsi, les facteurs temporels propres à chacune des dynamiques du système du développement durable admettent donc deux temporalités : l'une, dissipative, est un descripteur de l'action directe, et l'autre, inductive introduit les notions d'incertitude à chacune des échelles de la dynamique du système, par la quantification de son entropie.

Transitions, rétroactions et systèmes évolutifs : la théorie de la viabilité

L'objet de la théorie de la viabilité est d'expliquer mathématiquement et numériquement les évolutions gouvernées par des « systèmes évolutifs », qui apparaissent en économie, en sciences cognitives, en théorie des jeux, en biologie, etc., aussi bien qu'en automatique, ou pour la formalisation du principe de précaution en écologie (Lutloff, 2000). De tels systèmes ne sont pas déterministes, mais régissent sous incertitude des évolutions soumises à des contraintes de viabilité (ou d'optimalité intertemporelle) et guident ces évolutions vers des cibles afin de les atteindre en temps fini.

Domaine	Etat	Régulon	Viabilité	Acteurs
Economie	biens physiques	biens fiduciaires	rareté	agents économiques
génétique	phénotype	génotype	viabilité	métabolisme biochimiques
sociologie	humeurs des individus	codes culturels	sociabilité	individus
cogni-sciences	état sensori-moteur	codes conceptuels	adaptabilité	organismes

Figure 3 : La théorie de la viabilité concerne autant les problématiques écologiques, que les phénotypes en biologie, les biens en économie, les comportements en sociologie, ou les états sensori-moteurs en sciences cognitives. Les états évoluent en fonction de régulateurs que sont par exemple les génotypes en biologie, les prix en économie, les codes culturels en sociologie et les concepts en sciences cognitives (Aubin, 1991).

La question fondamentale est de comprendre comment un système adaptatif peut réguler ses évolutions à différentes échelles de temps et à différents niveaux hiérarchiques pour s'adapter aux contraintes de viabilité. Des rétroactions (feedbacks) fournissent a posteriori les paramètres de la structure des opérateurs destinés à assurer la stabilité du système et, parmi ceux-ci, ceux qui minimisent l'indicateur de complexité. Ainsi, le fonctionnement de l'organisation hiérarchique d'une dynamique de système évoluent en « cascades inertielles », c'est à dire plus lentement pour les niveaux supérieurs de l'information en fonctions de « messages » émis par les niveaux inférieurs.

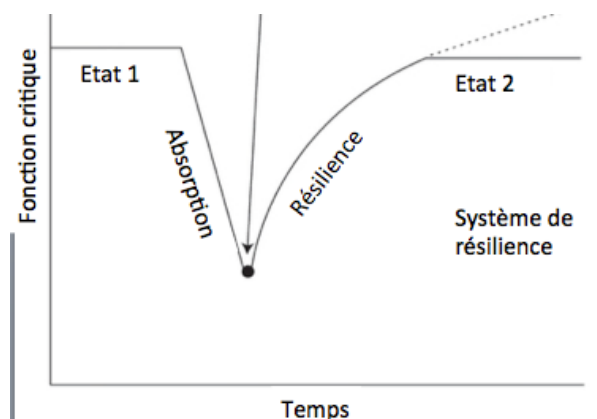


Figure 4 : si les États du système doivent rester dans un environnement dont les composantes évoluent à des vitesses différentes, le système régule les activités anthropiques ayant un impact sur l'environnement vers un équilibre de long terme (Etat 2).

Une tentative de simulation évolutionnaire du développement durable

A titre d'illustration, nous présentons ci-après un résultat de simulation de développement durable issu d'un modèle générique nommé SDSIM². Ce modèle constitue une analyse des compromis entre développement humain³ et priorités de développement économique. Dans un contexte de développement durable, l'objectif est de modéliser le comportement humain et les profils de prise de décision efférents en fonction du capital financier, du capital humain et social, et du capital écologique.

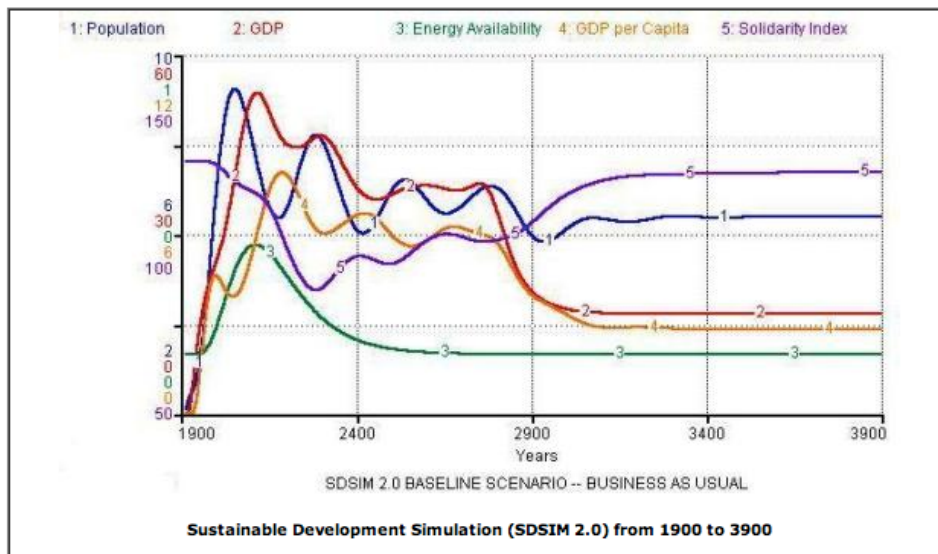


Figure 5 : Simulation de la population mondiale, la production industrielle brute, la consommation moyenne par habitant, disponibilité d'énergie et les tendances de la cohésion sociale (« indice de solidarité »), au cours des 200 années (1900-2100), utilisant le modèle SDSIM.

Nous observons bien que, sur le temps long, l'évolution de la croissance démographique, du taux de consommation de ressources et du développement des nouvelles technologies, répond à un système d'oscillations d'amplitude décroissante ($\sin x/x$) avant de se stabiliser après une autre phase de transition. Il s'agit de la signature composite d'un « régulon » temporel, concept utilisé par (Aubin 91) dans le cadre de la modélisation des systèmes complexes évolutionnaires.

Ce signal bruité constitue la signature des modes dynamiques du comportement du système de transition consumérisme (Galibert & al. 2015) vers la durabilité. Les oscillations génératrices de ce « bruit » sont issues des décalages de phase (temporalité) entre les

² Ce modèle prends en compte la limitation des ressources matérielles sur une période entre 1950 et 2200, en assumant une transition du comportement consumérisme à un comportement plus responsable au cours du XXIe siècle. SDSIM est un projet de modélisation de données « pauvres », destiné à fournir un point focal pour les psychologues et autres experts en comportement humain pour combler les lacunes de données.

³ [Human Development Reports \(HDR\) | United Nations Development Programme \(UNDP\)](http://hdr.undp.org)". [Hdr.undp.org](http://hdr.undp.org). Retrieved 2013-09-22.

évolutions à court terme entre les piliers sociaux, économiques et écologiques. Nous pouvons les constater dans les signatures temporelles :

- De l'évolution du rapport (population/PIB-consommation par habitant de biens matériels et de services) présentant un pic, pour ensuite suivre une oscillation amortie progressive jusqu'à stabilisation (état pseudo-stationnaire). (en bleu figure 5)
- Du rapport besoins-ressources énergétiques présentant un « sommet de dépendance » des énergies fossiles pour ensuite aborder un long déclin avant d'aboutir à une situation stationnaire par la substitution de nouvelles sources d'énergie. (en vert figure 5)
- De l'indice de la solidarité, ici formulé comme une fonction non linéaire de la population humaine et de la consommation, par rapport à la durabilité d'utilisation des ressources. (en violet figure 5)

Ces modes d'évolution alternant pics, oscillations et stabilisations révèlent un régime de turbulence propre à la période de transition, dont les amplitudes du signal révèlent le caractère décroissant (à long terme) du risque de bouleversements culturels et de la violence (redistribution agressive). (Woloszyn 2011)

Conclusion

Le recours à l'approche systémique du concept de résilience pour analyser les trajectoires territoriales en lien avec un aléa déterminé (changement climatique, crise économique, déplacement de populations...) permet d'opérer un déplacement épistémologique en pensant la résilience comme un processus hybride situé à l'intersection de plusieurs trajectoires dynamiques spatio-temporelles qui interfèrent entre elles à des échelles différentes. Ces trajectoires impliquent des temps de réalisation et des espaces d'expression très inégaux entre les référentiels sociaux, économiques et écologiques, ce qui dimensionne le processus de résilience sur des échelles spécifiques du référentiel développement durable.

Ce cadrage théorique permet de définir la résilience comme un processus hybride situé à l'intersection de plusieurs trajectoires dynamiques spatio-temporelles qui interfèrent entre elles et alimentent les « turbulences » que les systèmes traversent : les dynamiques pré- et post-catastrophes formant des trajectoires pouvant alors être modélisées par les modes de régulation de l'inférence communicationnelle (régulons), qui admettent des temps d'évolution inégaux. La théorie de la viabilité permet d'identifier la temporalité des modes de décision susceptibles fournir des solutions respectant l'espace de décision multicontraint du développement durable. Elle permet de statuer sur des politiques d'action environnementale satisfaisant les objectifs du développement durable sans hiérarchisation préalable, ce qui est un gage de neutralité, sinon d'objectivité, dans la structure de décision censée mener à un équilibre viable de l'environnement sous contraintes mutidimensionnelles entre écologie, économie et société.

Références

Aubin J-P. (1991). *Viability Theory*. Birkhäuser, 1991.

Brooks, N., Adger, W. N., & Kelly, P. M. (2005). The determinants of vulnerability and adaptive capacity at the national level and the implications for adaptation. *Global environmental change*, 15(2), 151-163.

Carpenter, S., Walker, B., Anderies, J. M., & Abel, N. (2001). From metaphor to measurement: resilience of what to what?. *Ecosystems*, 4(8), 765-781.

- Cooper, W. M., (1991) "Behold a pale horse", Light Technology Publishing, 1991.
- Cyrułnik, B. (2010). *Resilience* (pp. 207-216). ERES.
- Dumas P.-Woloszyn P. (2012) : Modèle participatif d'évaluation de la résilience, in: École d'été en intelligence territoriale, GDRI INTI Groupe de Recherche International International Network of Territorial Intelligence, Université Paris-Est Marne-la-Vallée.
- Folke, C., Carpenter, S., Elmqvist, T., Gunderson, L., Holling, C. S., & Walker, B. (2002). Resilience and sustainable development: building adaptive capacity in a world of transformations. *AMBIO: A journal of the human environment*, 31(5), 437-440.
- Galibert O., Woloszyn P. (2015). Vers une résilience consumériste dans le quartier populaire de la Fontaine d'Ouche? In : Territoires urbains en transition - Un quartier populaire en résilience socio-écologique, Editions Universitaires de Dijon, Dijon, pp. 9-18. ISBN 978-2-36441-156-2. <http://reseau-transition.fr/territoires-urbains-en-transition/>
- Koninckx, G., & Teneau, G. (2010). *Résilience organisationnelle: rebondir face aux turbulences*. De Boeck Supérieur.
- Lutoff C., 2000, Le système urbain niçois face à un séisme - Analyse des enjeux et des dysfonctionnements potentiels, thèse de doctorat en géographie, Université de Savoie.
- Prigogine, I., (1997) Les lois du chaos, Flammarion, Champs, Paris, 126p.
- Walker, B., Salt, D., & Reid, W. (2006). In *Resilience Thinking: Sustaining People and Ecosystems in a Changing World*.
- Woloszyn P., Faburel G. 2010, Towards an interaction evaluation between dimensions and objectives of sustainable development at territorial levels, Rencontres Grand Ouest de l'Intelligence Territoriale IT-GO 2010, 24-26 Mars, Nantes-Rennes.
- Woloszyn, P., (2011). "Platos poor city and rich city: Towards an inequality multidimensional evaluation", 10th International Conference of Territorial Intelligence "Sustainable economics within the new culture of development", Val-Saint-Lambert, Liège, Belgium, 2011.
- Woloszyn, P., Quenault, B., Faburel, F. (2012) "Territorial intelligence of vulnerability systems - A transitional viewpoint of sustainable development", in: "Vulnerabilities and Resilience between Local and Global", International Seminar, Salerno 4 - 7 June 2012.
- Woloszyn, P. (2012) "Territorial intelligence of vulnerability systems 2- Sustainable Modelling of Globalization Challenge", in: International Conference La Plata 2012 "INTELIGENCIA TERRITORIAL Y GLOBALIZACIÓN" 17 al 20 de octubre 2012. <https://hal-agrocampus-ouest.archives-ouvertes.fr/halshs-00941151/>