

Le concept de socio-écosystème (SES) : Emergence du concept, modèles et revue bibliographique

Jacques de Chauvelin

Stage M1

Science-po Lyon

Mars-août 2017

Encadrement : Céline Lutoff & Sandrine Anquetin

Sommaire :

Introduction	3
1- Quelques cadres d'analyse proposés :	8
a. Berkes and Folkes (1998/2003/2006).....	8
b. Redman et al. (2004)	11
c. Constanza et Ostrom (2001/2009) : modéliser les socio-écosystèmes complexes.	12
d- Liu et al. (2007): le modèle CHANS (Coupled human and natural system)	15
e- Alessa et al (2009/2015) : le modèle du « messy SES » et l'application au milieu montagnard.....	17
2- Revue bibliographique :	20
Annexe : Recensement de l'usage du terme sur des bases de recherches.	22

Introduction

Le terme « socio-écosystème » **apparaît à partir des années 70** mais son usage est restreint au monde de la santé. Historiquement la notion de SES découle de la théorie des systèmes complexes élaborée à partir des années 30 puis développée en 1968 par Ludwig von Bertalanffy dans son ouvrage *General System Theory*. En tant que système complexe, les SES se caractérisent **par l'existence d'interactions non-linéaires, par des niveaux d'organisation (strates, seuils ou couches selon le vocable utilisé) et une structure hétérogène**. Il est difficile cependant de dater son apparition dans les sciences sociales et écologiques mais **c'est à partir des années 90 que la recherche se penche sur l'imbrication des systèmes écologiques et sociaux** suite notamment à la mobilisation internationale en faveur d'une **gestion durable** des ressources naturelles (*Rapport Brundtland* 1987) et dans le cadre du développement du concept de **résilience**. C'est en effet les scientifiques du *Resilience Center*¹ et du « *SES-Club* » (devenu *Resilience Alliance*²) qui vont contribuer à l'élaboration du concept et au développement d'une méthodologie d'application qui n'aura de cesse d'être modifiée et réadaptée dans la

¹ Le Resilience Center est un institut de recherche international basé à Stockholm, fondé en 2007. Parmi ses membres éminents on compte Carl Folke, Johan Colding, Johan Rockström.

² La Resilience Alliance est une organisation internationale de recherche multidisciplinaire fondée en 1999 et notamment responsable de la revue *Ecology & Society*.

première décennie des années 2000. Le développement du concept se veut à la frontière entre sciences naturelles et sciences humaines, avec des disciplines comme l'écologie territoriale, l'économie environnementale pour n'en citer que deux, qui vont également contribuer à l'élaboration d'un cadre d'étude des SESs.

On notera toutefois que le concept est mobilisé d'ores et déjà par Gilberto Gallopin en 1994 dans son ouvrage *Impoverishment and Sustainable Development : a systems approach* :

« *A socio-ecological system refers to any system composed of a societal (or human) component and an ecological (or biophysical) component. Socio-ecological systems may be urban as well as rural. [...] Socio-ecological systems exist at **various levels**, ranging from the local (a household in interaction with its surroundings) to the global (consisting of all mankind and the ecosphere).* »³

Il met cette notion en relation directe avec celle "d'appauvrissement socio-écologique".

La notion de socio-écosystème est donc **essentiellement développée par la recherche en langue anglaise**. Ces chercheurs posent les bases de la notion de SES comme on l'entend aujourd'hui à partir des années 2000. Comme le montrent les recherches bibliométriques réalisées par Tim Stojanovic⁴ et son équipe, la notion est très peu usitée dans les décennies précédentes et fait d'abord son apparition dans le domaine de la santé avant d'être transférée au domaine des études écologiques. Les travaux du canadien F. Berkes et des suédois du *Resilience Center*, C. Folke et J. Colding, sont en ce sens les plus fondateurs. Ils posent les bases d'une définition solide des SESs et proposent un cadre d'analyse et de gestion avec l'*adaptive management*. Ils sont précédés par les chercheurs qui théorisent des notions essentielles aux SESs et plus globalement aux sciences à la frontière entre l'écologie et l'économie, avec notamment la résilience (Holling, 1973), la durabilité (posée par le rapport Brundtland, 1987, et les travaux de l'école de Rome), ou encore les *common pool resources* (Ostrom, 1990). Ces travaux qui viennent s'imbriquer dans le cadre d'étude des socio-écosystèmes permettent de mieux les appréhender et les modéliser, car ce qui est de loin la plus grande préoccupation des chercheurs dans la littérature étudiée, c'est de **mettre en place une méthodologie commune, un cadre d'analyse qui permettrait au concept de SES d'être effectif dans la recherche**.

³ Gallopin G. *Impoverishment and sustainable development*. A report of the International Institut for Sustainable Development (IISD) – 1994. p.19. Nous proposons cette traduction: « Un système socio-écologique se réfère à tout système construit à partir d'un composant sociétal (ou humain) et d'un composant écologique (ou biophysique). Les systèmes socio-écologiques peuvent être urbains aussi bien que ruraux. [...] Les systèmes socio-écologiques existent à différents niveaux, allant du local (d'un foyer en interaction avec ses alentours) au global (l'humanité entière et l'écosphère). »

⁴ Stojanovic T., McNae, H.M., Tett P., Potts T.W., Reis J., Smith, H.D. and Dillingham I. "The « social » aspect of social-ecological systems: a critique of analytical frameworks and findings from a multisite study of coastal sustainability". Resilience Alliance, 2016

L'un des aspects de fond est **l'aspiration des théoriciens des SES à favoriser l'interdisciplinarité**, partant du constat (comme le font Folke, Ostrom et d'autres) que les recherches isolées dans une discipline sur un des aspects des systèmes ne peut produire des résultats qu'à une échelle limitée. Or la volonté est ici de rendre la recherche scientifique proactive, dans un cadre où l'accélération des changements globaux incite la communauté scientifique à s'unir, à dépasser les cloisonnements disciplinaires, pour répondre à la nécessité d'un travail collaboratif, englobant et portant des résultats, des modélisations et des réponses pluridisciplinaires. Cependant les chercheurs ne peuvent que constater dans la première décennie du XXIème siècle que ce type de collaboration a du mal à se mettre en place, confronté à des réticences mais surtout à un manque de langage commun permettant d'établir une réelle collaboration par la notion de SES. C'est donc à cet effet que des méthodologies (ou typologies et autres *frameworks*), se multiplient pour permettre de rassembler des résultats et de les analyser dans un cadre commun. Le modèle d'Ostrom en 2009 semble être celui qui a eu le plus de portée, bien qu'il soit critiqué par L. Alessa et ses condisciples du *Resilience and Adaptive Management Group* (modèle du *Messy SES*).

Autre constat de fond, la théorie des systèmes est bien plus répandue dans les sciences écologiques et les auteurs observent la difficulté de l'utiliser à égalité dans les sciences sociales. En effet la non-mesurabilité reste importante dans de nombreuses disciplines de SHS. De plus, le terme *socio-ecosystem* semble pointer la différence de niveau dans le cadre d'analyse qui se pencherait plus sur les sciences écologiques que sur l'aspect social. En effet en anglais l'abréviation « socio » n'est pas évidente car l'on peut également parler de *social-ecological system* ; utiliser le terme *socio-ecological* est donc un choix qui pourrait montrer la **prévalence des sciences écologiques sur les sciences sociales**, le terme *social* étant en lui-même amputé (Stojanovic 2015).

Enfin, le *Resilience Center* de Stockholm fournit cette définition assez large et englobante de la notion de socio-écosystème ainsi qu'une explication sur son ontologie :

« *Social-ecological systems are linked systems of people and nature. The term emphasizes that **humans must be seen as a part of, not apart from, nature** — that the delineation between social and ecological systems is artificial and arbitrary. Scholars have also used concepts like 'coupled human-environment systems', 'ecosocial systems' and 'socioecological systems' to illustrate the interplay between social and ecological systems. The term social-ecological system was coined by Fikret Berkes and Carl Folke in 1998 because they did not want to treat the social or ecological dimension as a prefix, but rather give the two same weights during their analysis.* »⁵

⁵ <http://www.stockholmresilience.org/research/resilience-dictionary.html>: Nous proposons cette traduction : « Les systèmes social-écologiques sont des systèmes de liaison homme-nature. Le terme insiste sur le fait que les hommes doivent être vus comme faisant partie, et non étant séparés de la nature. La délimitation entre systèmes sociaux et écologiques est artificielle et arbitraire. Les chercheurs ont aussi

Dans la littérature francophone sur le sujet, on peut retenir la définition donnée par Lagadeuc et Chenorkian en 2009⁶ :

«Les SES correspondent à des systèmes intégrés couplant les sociétés et la nature (Liu et al. 2007), ce qui vise finalement à redéfinir les écosystèmes en considérant explicitement l'ensemble des acteurs, en intégrant donc l'homme comme une composante active du système. »

L'émergence du terme *social-ecological system* est questionnée dans les travaux de Tim Stojanovic et son équipe en 2015. Ils partent de plusieurs constats, notamment que le concept de SES est de plus en plus répandu dans les sciences écologiques et sociales et que les chercheurs insistent sur l'efficacité de cette méthodologie. Mais qu'il y a aussi des critiques, en particulier pour son applicabilité aux sciences sociales. Leur analyse bibliométrique porte sur deux bases de données conséquentes, le *Web of Science* (WOS) et le *Elsevier's Scopus*. Ils analysent l'utilisation du terme depuis les années 30 sur les deux bases de données et en concluent qu'il y a une similarité des tendances en termes d'utilisation du concept (voir fig.2). De leurs conclusions, on peut retenir ici que le terme de socio-écosystème, utilisé plutôt dans la recherche médicale et psychologique dans les années 70, a été de plus en plus utilisé dans les sciences écologiques et sociales (ou à la croisée des disciplines avec notamment l'écologie sociale). Ces sciences monopolisent quasiment l'usage du terme dans la première décennie du XXIème siècle. Ainsi, le terme *social ecological* a d'abord été utilisé en santé publique et en psychologie (86% des articles avant 1990, et seulement 13% en 2013) avant d'être surclassé par les études environnementales (30% en 2013, notamment grâce à l'émergence de revues interdisciplinaires comme *Ecology and Society*). Par ailleurs ils établissent une liste des publications les plus citées sur le sujet ; les travaux de Berkes et Folke arrivent en tête de ce classement, confirmant leur rôle de pionniers dans la recherche sur les socio-écosystèmes.

utilisé des concepts comme « les systèmes couplés homme-environnement », « les systèmes écosociaux » et « les systèmes socio-écologiques » pour illustrer les interactions entre les systèmes sociaux et écologiques. Le terme « social-ecological system » a été inventé par Berkes et Folkes en 1998 car ils ne voulaient pas traiter les dimensions sociales et écologiques comme des préfixes, mais plutôt donner aux deux notions la même importance dans leurs analyses.

⁶ Lagadeuc, Y. Et Chenorkian, R. « Les systèmes socio-écologiques : vers une approche spatiale et temporelle », in *Nature Sciences et Sociétés*, 2009/2, Vol 17. P.2

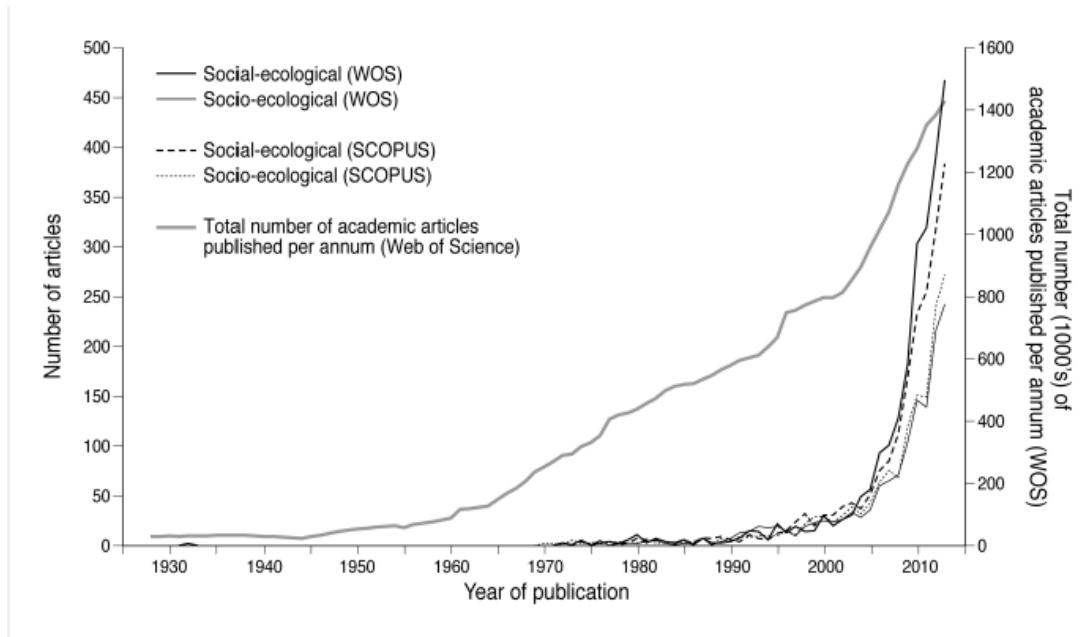


Fig.1 Nombre d'articles publiés dans la période 1928-2013 utilisant les termes « social-ecological » ou « socio-ecological » dans le Elsevier's Scopus et le Thomson Reuter's Web of Science Core Collection (d'après Stojanovic et al. 2015).

Pour mieux saisir l'importance de cette notion dans la littérature scientifique, nous avons reporté en annexe un recensement de l'occurrence du terme sur plusieurs bases de recherche française et anglophone (p.20).

1- Quelques cadres d'analyse proposés :

L'objectif est ici de résumer avec le plus de précision possible, tout en étant synthétique, les grandes théories sur les socio-écosystèmes qui ont émergé depuis la fin des années 90 et qui se sont imposées comme autant de cadres et de méthodologies de références. Nous avons sélectionné les textes les plus marquants et les plus cités sur le sujet.

a. *Berkes and Folkes (1998/2003/2006)*

Ces deux chercheurs sont parmi les plus cités selon les travaux de Stojanovic car ils ont largement contribué à la conceptualisation et à l'application du terme SES comme on l'entend aujourd'hui. Ils énoncent dès 1998⁷ l'aspect totalement arbitraire et artificiel du cloisonnement entre sciences sociales et sciences écologiques, constatant que dans les faits rien ne les sépare. Ils réitèrent cette affirmation dans leur ouvrage de 2003 *Navigating Social-Ecological Systems: Building Resilience for Complexity and Change*⁸:

« *Ecological systems (ecosystems) refer to self-regulating communities of organisms interacting with one another and with their environment. When we wish to emphasize the integrated concept of humans-in-nature, we use the terms social-ecological systems and social ecological linkages, consistent with our earlier work (Berkes and Folke, 1998). We hold the view that social and ecological systems are in fact linked, and that the delineation between social and natural systems is artificial and arbitrary.*

»

« *Until recent decades, the point of contact between social sciences and natural sciences was very limited in dealing with social-ecological systems. **Just as***

⁷ Berkes, F., and C. Folke. *Linking social and ecological systems: management practices and social mechanisms for building resilience*. Cambridge University Press, Cambridge, 1998, UK

⁸ Berkes, F., Colding, J., Folke, C. *Navigating Social-Ecological Systems: Building Resilience for Complexity and Change*, Cambridge 2003, UK, Cambridge University Press. p.3. Nous proposons cette traduction: « Les systèmes écologiques se réfèrent à des communautés autorégulées d'organismes qui interagissent entre elles et avec leur environnement. Quand nous souhaitons insister sur le concept intégré d'homme-dans-la-nature (human-in-nature), nous utilisons les termes « systèmes sociaux-écologiques » et « lien (linkage) Socio-écologique », en lien avec nos travaux précédents (Berkes and Folke, 1998). Nous soutenons la théorie selon laquelle les systèmes écologiques et sociaux sont en fait liés, et que la délimitation entre systèmes social et naturel est artificielle et arbitraire.

p.9 : « « Jusqu'à il y a peu, le point de contact entre les sciences sociales et naturelles était très retissant à utiliser la notion de système socio-écologique. Tout comme l'écologie traditionnelle avait tenté d'exclure l'humain de ses études, beaucoup de disciplines des sciences sociales avaient complètement ignoré l'environnement et limitaient leurs études aux humains. L'unité de la biosphère et de l'humanité avait été sacrifiée à la dichotomie nature et culture »

mainstream ecology had tried to exclude humans from the study of ecology, many social science disciplines had ignored environment altogether and limited their scope to humans. The unity of biosphere and humanity had been sacrificed to a dichotomy of nature and culture. »

On saisit dans leurs propos à la fois une volonté de renouveler les modèles scientifiques et de modifier les cadres disciplinaires afin de ré-envisager l'étude des systèmes sociaux et écologiques dans leur globalité.

Leur théorie vise à **coupler les concepts de résilience et de socio-écosystèmes pour parler de « systèmes socio-écologiques résilient »** : c'est-à-dire des systèmes capables de résister à de grands changements et aux perturbations permettant une durabilité à la fois écologique, sociale et économique. En revanche les systèmes non-résilients ou faibles sont condamnés à ne pas survivre (fig.2)

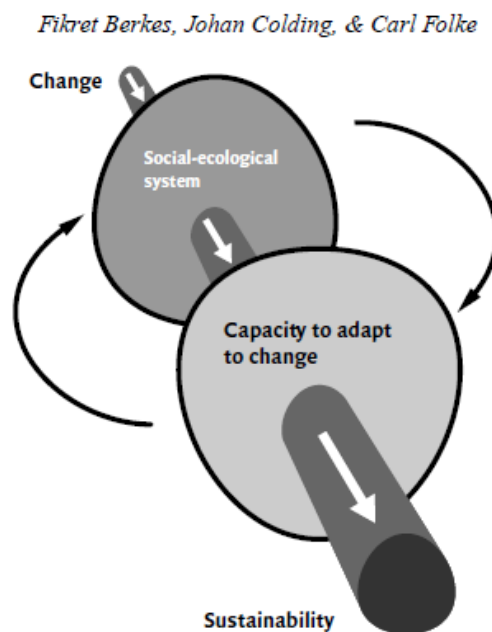


Fig.2 Focus sur la capacité adaptative pour la durabilité. La durabilité est vue comme un process dynamique, plutôt que comme un produit fini, qui nécessite une capacité adaptative dans les SES pour gérer les changements (d'après Berkes & Folke – Navigating social-ecological systems. 2003).

En 2006⁹, Carl Folke propose une approche des SESs par le concept de résilience afin de mieux en saisir les dynamiques. L'humanité façonne désormais les dynamiques des écosystèmes à l'échelle locale mais aussi à l'échelle planétaire. Le défi est donc de mettre en place des systèmes de gouvernance qui permettent de lier l'usage de l'environnement et le développement sécurisé sur le long terme des sociétés. Cela requiert donc des formes adaptatives de gouvernance. Pour l'auteur **la résilience n'est pas seulement la capacité d'un système à absorber des chocs et à se maintenir, c'est aussi la capacité à se renouveler, à se réorganiser et se développer** (Holling 2001). Dans un SES résilient, les perturbations ont la capacité de créer des opportunités pour se créer de nouvelles marges de manœuvre, pour l'innovation et le développement. En revanche dans des systèmes faibles, la moindre perturbation peut avoir des conséquences dramatiques. Cette perspective s'oppose à la vision d'un environnement où les ressources peuvent être contrôlées, sont stables et infinies, et où la nature s'auto-répare.

⁹ Folke, C. « Resilience: the emergence of a perspective for social-ecological systems analyses », in *Global Environmental Change*, Vol 16, issue 3, August 2006; pp 253-267.

b. Redman et al. (2004)

Charles Redman, professeur à la *School of Sustainability* de l'université de Chicago, propose en 2004 de revoir l'approche des concepts centraux de l'étude des écosystèmes en insistant notamment sur l'aspect multi scalaire et les approches pratiques incorporant les sciences sociales dans la recherche écologique sur le long terme. Il propose le schéma ci-dessous comme cadre conceptuel à la compréhension des SESs :

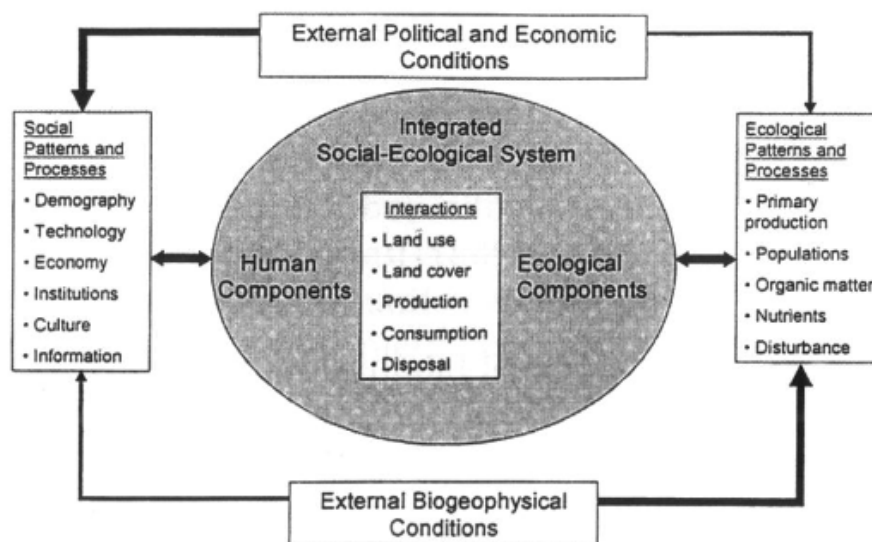


Fig.3 Cadre conceptuel pour une recherche à long terme sur les socio-écosystèmes.

L'ambition méthodologique est de faire **adopter un langage commun** à des disciplines différentes afin de mieux cerner les mécanismes des SESs et surtout d'en donner une définition englobante :

"In this expanded view, what we call the SES is defined as :

- 1- *A coherent system of biophysical and social factors that regularly interact in a resilient, sustained manner*
- 2- *A system that is defined at several spatial, temporal, and organizational scales, which may be hierarchically linked*
- 3- *A set of critical resources (natural, socioeconomic, and cultural) whose flow and use is regulated by a combination of ecological and social systems; and*
- 4- *A perpetually dynamic, complex system with continuous adaptation Burch and DeLuca 1984, Machlis and others 1997)*¹⁰

¹⁰Nous proposons cette traduction: « Un SES se définit de manière large comme : Un système cohérent de facteurs biophysiques et sociaux qui interagissent régulièrement de manière résiliente et durable.

Le modèle proposé par Charles Redman est novateur dans sa dimension formalisatrice du concept, en lien avec la recherche sur le long terme. Surtout, l'auteur envisage le potentiel des études sur les SESs dans la continuité du travail engagé par le réseau des LTER américains depuis les années 80.

c. *Constanza et Ostrom (2001/2009) : modéliser les socio-écosystèmes complexes.*

Dans un ouvrage paru en 2001, *Institutions, Ecosystems and Sustainability*, les deux auteurs proposent de connecter les modèles écosystémiques avec les modèles humains, sachant que les premiers sont largement plus développés que les seconds. Les disciplines qui étudient respectivement ces modèles sont traditionnellement séparées, notamment d'un point de vue des représentations et du langage. **Or la combinaison de ces disciplines est nécessaire à une nouvelle analyse des problèmes environnementaux, et cela à différentes échelles et niveaux d'analyse.** Le cadre méthodologique commun implique donc :

- De promouvoir un langage commun entre les disciplines pour développer des théories et des modèles communs.
- De diriger la construction de modèles liants les systèmes écologiques et humains.
- D'organiser, synthétiser et interpréter les données empiriques.
- De relier les données empiriques aux processus politiques.

Le développement d'un cadre méthodologique général permet de mettre en place un **langage métathéorique** pour comparer les théories dans un travail interdisciplinaire. Les éléments compilés permettent d'identifier les questions centrales que l'on veut adresser et ainsi définir les éléments les plus pertinents pour émettre des hypothèses. Les auteurs mettent en avant le fait que toutes les théories, appartenant à des disciplines différentes et des champs de recherche variés peuvent être incluses dans le cadre méthodologique proposé. Ils s'attachent notamment à donner une définition des concepts de base pour l'élaboration du modèle : la durabilité, la résilience, les hiérarchies et les problèmes d'échelles résumés dans le tableau ci-dessous.

Un système qui est défini à plusieurs échelles : spatiale, temporelle et organisationnelle (institutionnelle), qui peuvent être éventuellement hiérarchisées.

Un ensemble de ressources essentielles dont la circulation et l'utilisation est régulée par une combinaison des systèmes écologiques et sociaux.

Une dynamique perpétuelle dans un système complexe continuellement en adaptation (Burch and DeLuca 1984, Machlis et al 1997) » p.163

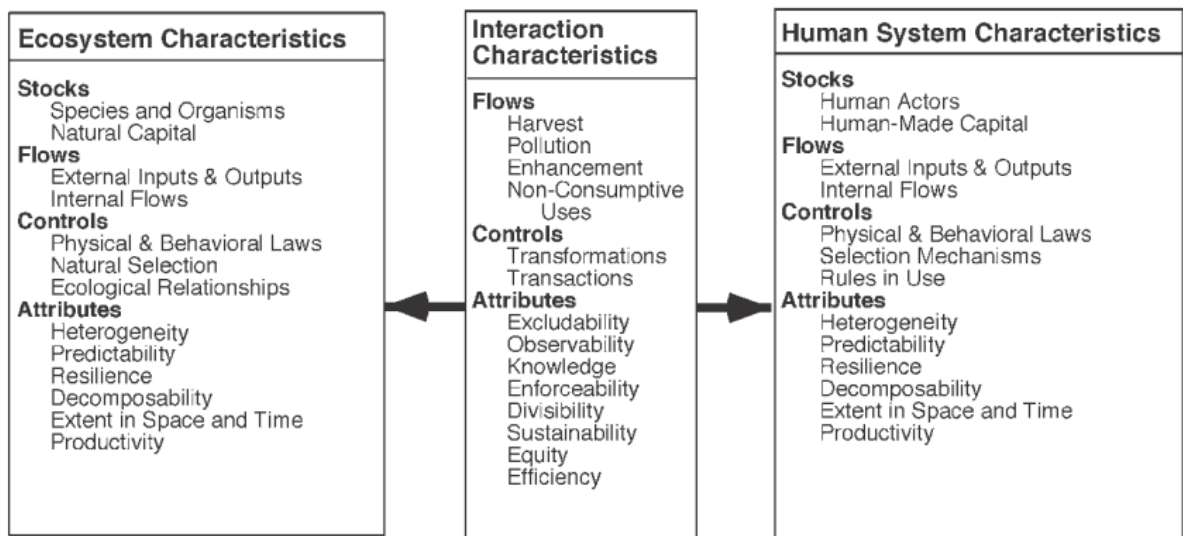


Fig.4 : Framework pour analyser les interactions homme-écosystème. A noter les entités parallèles et les processus dans les systèmes écologiques et humains.

Le « capital naturel » (*natural capital*) se définit comme « une réserve (stock) qui produit un flux (flow) de biens ou de services utiles dans le futur ». Le capital naturel produit aussi des services (par exemple en recyclant des déchets, en absorbant l'eau et en contrôlant l'érosion). Il y a deux types de capitaux naturels : renouvelables et non-renouvelables. Le premier est actif et utilise l'énergie solaire pour s'auto-maintenir, il peut être récolté pour produire des biens écosystémiques. Laissé en place, ce type de capital fournit d'autres services comme le contrôle de l'érosion et la reproduction. Les capitaux non-renouvelables (de type énergies fossiles, minéraux) ne fournissent des services qu'une fois extraits, ils sont de ce fait souvent cachés et leur volume est inconnu, ce qui peut entraîner des incitations économiques aux effets pervers (on pense du côté de l'économie au fameux « mal hollandais » - ou malédiction des matières premières – qui nuit au développement sur le long terme).

Les « flows » sont les transactions ou échanges d'actifs matériels ou d'information depuis un stock à un autre dans tous les systèmes humains et écologiques et au sein même de ces derniers. L'utilisation croissante par les hommes du système écologique a amené à une forte inflation des interactions.

Enfin les contrôles (*controls*) sont présents dans tous les systèmes, par exemple dans les écosystèmes, les lois physiques et de comportement contrôlent de nombreux processus. La sélection naturelle interagit avec ces lois. Dans les systèmes humains ces lois interviennent également, auxquelles s'ajoutent les lois humaines. Il y a de ce fait une « sélection humaine » qui se fait par-delà la sélection naturelle, passant notamment par l'éducation, les examens, les compétences requises pour un travail et la rentabilité pour un domaine économique donné. Les règles humaines sont des contraintes sur les actions et les revenus mis en place par et sur les humains. En tant que contrôles, elles existent à

différents niveaux et toujours dans le contexte de la communauté où elles sont comprises mutuellement et imposées.

Dans un article de 2009 intitulé « A general framework for analyzing sustainability of Social-Ecological Systems », Elinor Ostrom pose un nouveau cadre d'analyse aux SESs afin de réorganiser la mise en commun des résultats dans une approche interdisciplinaire. Il s'agit donc pour elle de reprendre le cadre d'étude des SESs et de mettre en place une modélisation effective, cela dans un but prospectif notamment. Elle donne alors cette description du socio-écosystème :

« SESs are composed of multiple subsystems and internal variables within these subsystems at multiple levels analogous to organisms composed of organs, organs of tissues, tissues of cells, cells of proteins, etc. In a complex SES, subsystems such as a resource system (e.g. a coastal fishery), resource units (lobsters), user (fishers), and governance systems (organizations and rules that govern fishing on that coast) are relatively separable but interact to produce outcomes at the SES level, which in turn feedback to affect these subsystems and their components, as well other larger or smaller SESs. »¹¹

Là aussi, **l'enjeu est de mesurer la résilience de ces systèmes complexes tout en donnant un modèle englobant et compréhensif à toutes les disciplines qui sont amenées à les étudier.** Ramenant l'étude des SESs aux quatre entités mentionnées plus haut, E.Ostrom propose ce schéma pour analyser l'ensemble des sous-systèmes composant un socio-écosystème :

¹¹ OSTROM, E. « A general framework for analyzing sustainability of Social-Ecological Systems » Science 24 Jul 2009: Vol. 325, Issue 5939. p.419. Nous proposons cette traduction: « Les SESs sont composés de multiples sous-systèmes et de variables internes au sein de ces sous-systèmes à différents niveaux à la manière d'organismes composés d'organes, les organes de tissus, les tissus de cellules, les cellules de protéines, etc. Dans un SES complexe, les sous-systèmes comme un système de ressources (par exemple, une pêcherie côtière), des unités de ressources (homards), des utilisateurs (pêcheurs), et des systèmes de gouvernance (institutions et règles qui gouvernent la pêche sur cette côte) sont relativement séparables mais interagissent pour produire des outcomes au niveau du SES, qui reviennent ensuite (feedback) affecter les sous-systèmes et leurs composants, également dans des SESs à plus large ou plus petite échelle. »

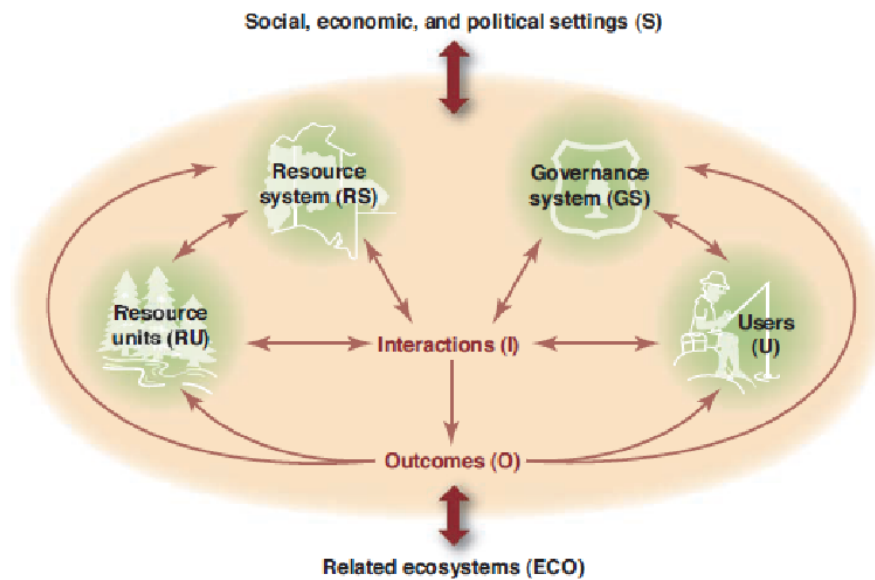


Fig. 5 : Le sous-système principal dans le framework pour analyser les socio-écosystèmes

d- Liu et al. (2007): le modèle CHANS (Coupled human and natural system)

L'approche portée par Jianguo Liu et ses collègues renouvelle la vision des socio-écosystèmes tout en la dépassant. En effet il n'agit plus seulement d'étudier les systèmes sociaux et écologiques mais de revenir au cadre plus large, et donc plus englobant, de l'homme et la nature. L'accent est donc mis sur un cadre beaucoup plus généraliste, partant du principe que les CHANS sont des systèmes dans lesquels les composantes humaines et naturelles interagissent. Cette approche s'inscrit encore une fois dans un constat de la très forte influence de l'homme sur la nature, avec une explosion des interactions depuis la révolution industrielle et surtout dans les cinquante dernières années. De ce fait, les effets de la mondialisation se font ressentir **et les interactions qui étaient auparavant limitées à un niveau local ont des conséquences désormais globales**. Le focus est justement mis sur les schémas et les processus qui lient les systèmes naturels et humains et, dans le cadre du changement global, sur la réciprocité de ces interactions (boucles de rétroaction). Mais il y a aussi des effets indirects, liés à la transformation par l'homme de produits manufacturés et synthétisés. Ces produits ont d'abord pour effet de faire croire à l'homme qu'il est indépendant de la nature tandis que les conséquences de leur fabrication (?) se font ressentir sur le plan environnemental. L'analyse multi-échelle est également au centre de cette approche, notamment pour comprendre comment un phénomène global émerge et vient influencer sur des systèmes locaux. Ils montrent également comment les services écosystémiques, nécessaires à l'homme, sont soumis à une très forte pression et dégradation qui peut conduire à l'effondrement de systèmes naturels et à termes de systèmes humains. Partant du principe que la prévention vaut mieux que la restauration (notamment en termes de coût et de possibilité même), les chercheurs argumentent en faveur d'un management plus adapté conduisant à des politiques et des modes de gouvernance permettant de sauvegarder les CHANS.

Pour les auteurs l'avancée ainsi faite est non seulement scientifique (notamment en favorisant l'interconnexion des disciplines) mais également porteuse pour comprendre et analyser un monde en perpétuel changement. Sur le plan de la recherche, les auteurs mettent en avant la nécessité de rendre concrète la collaboration entre les chercheurs des différentes disciplines en révolutionnant justement le mode d'organisation traditionnel des centres de recherches ou des universités, quitte à faire du *team building*.

e- Alessa et al (2009/2015) : le modèle du « messy SES » et l'application au milieu montagnard

Ces chercheurs de l'université de l'Idaho partent du constat de l'intégration croissante dans la communauté scientifique des systèmes humains et biophysiques constituant des socio-écosystèmes. Cependant ils font la critique d'un traitement épuré de cette notion (« neat SES ») où les hommes et les ressources sont réduits à des blocs représentant un ensemble de sous-systèmes avec des interactions claires et symbolisées. Face à cela, ils proposent leur théorie du *messy SES*. Les « messy » SESs sont distingués entre différents idéal types qui reflètent les combinaisons entre la solidité inhérente des ressources naturelles, l'organisation sociale (incluant les politiques), les infrastructures/technologies qui contribuent à l'efficacité du système (les transports notamment). **Le but de l'établissement d'une typologie est de passer des concepts abstraits à une application concrète.**

L'organisation des types se fait tout d'abord selon la taille de la communauté (voir légende figure 6), reflétant la productivité de l'écosystème, l'organisation sociale et l'adaptabilité à maintenir une résilience ou une trajectoire de résilience. L'échelle est donc cruciale dans cette approche car elle montre comment le SES est perçu et géré (figure 6 reportée ci-dessous) :

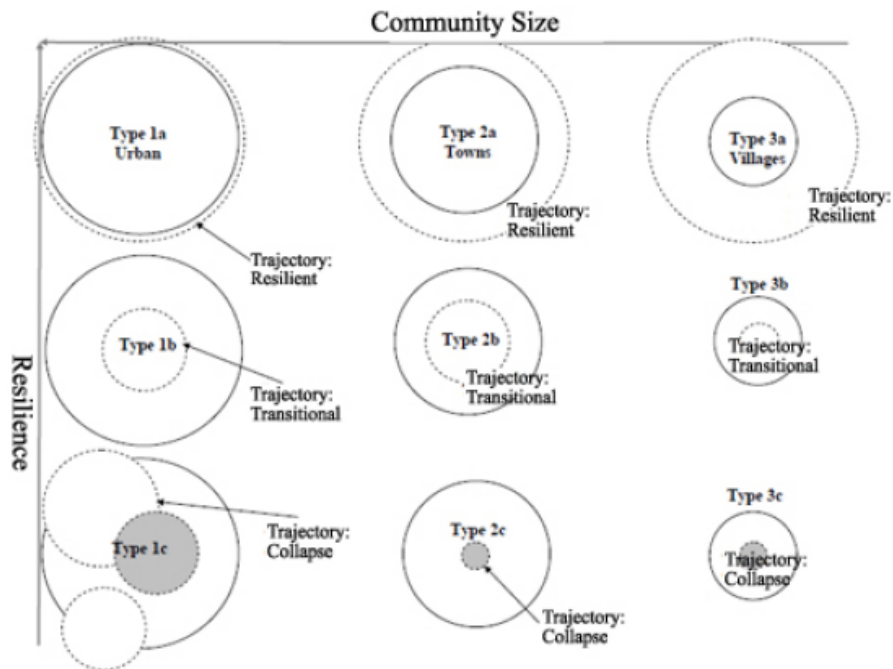


Fig.6 : Framework pour le « messy SES »

Légende:

Type 1c = vulnerable cities

Type 1b = mixed resilient and vulnerable cities

Type 1a = resilient cities

Type 2 a = resilient town

Type 2b = mixed resilient and vulnerable towns

Type 2c = vulnerable town

Type 3 = idem for villages

En 2015, ils appliquent cette méthodologie à une étude de 21 communautés en montagne aux Etats-Unis (Altaweel et al, 2015) et évaluent plusieurs critères dont le niveau de résilience ainsi que les risques. Les SESs de montagne sont vus comme uniques d'un point de vue écologique et biophysique (avec un fort contraste entre les deux) et sont sous-étudiés selon les auteurs. De plus, les auteurs mettent en avant la disponibilité des données pour leur zone de recherche (Ouest nord-américain) mais pointent en revanche la faiblesse des informations pour d'autres zones de montagne dans des pays où les informations ne sont pas collectées en amont.

La notion même de montagne est extrêmement hétérogène, les climats peuvent varier du tout au tout et on peut considérer dans une région une montagne à 1000m alors que pour d'autres on sera encore dans des hauts-plateaux (avec les exemples du Snowdon au pays de Galles contre les sommets de Montana et de Virginie). Les risques en montagne sont enfin une caractéristique géophysique exacerbée (avalanches, glissement de terrain, érosion, froid extrême, crues torrentielles, feux, ...) et sont beaucoup moins fréquents dans les plaines où vivent la majorité de la population mondiale. Enfin les montagnes sont des réservoirs de biodiversité particulièrement sensibles au changement global. Sur un plan social et politique les SES de montagnes sont généralement plus soumis à l'enclavement, définissant souvent des frontières politiques, des zones où l'engagement de l'Etat est généralement plus faible qu'ailleurs et qui parfois accueille des minorités longtemps persécutées (les auteurs prennent l'exemple de l'Inde) et peut être des zones de conflits actifs (le Cachemire par exemple). Enfin les montagnes sont souvent liées à des espaces sacrés et ont une importance dans l'imaginaire religieux.

Leurs conclusions tendent à dire que les grandes villes de montagne sont plus résilientes que les petites communautés : ils attribuent un « score de résilience » qui est

en moyenne de 2.18 pour les grandes communautés et 2.06 pour les petites. Cependant aucune des 21 communautés étudiées n'est dans la catégorie « vulnérable », c'est-à-dire avec un score supérieur à 3. Ils expliquent cette situation par une bonne intégration économique, mais également par la gestion des écosystèmes dans ces communautés nord-américaines, permettant ainsi de maintenir un système résilient.

2- Revue bibliographique :

Alessa, L., Andrew, K. & Altaweel, M. "Toward a typology for social-ecological systems". *Sustainability: Sciences, Practice & Policy*. Spring/Summer 2009, volume 5, issue 1.

Altaweel M., Virapongse, A., Griffith, D., Alessa, L. and Kliskey, A. "A typology for complex social-ecological systems in mountain communities". *Sustainability: Sciences, Practice & Policy*, fall 2015, volume 11, issue 2.

Becker, E. "Social-ecological systems as epistemic objects". Pp 37-59 in Glaser, M. Crause, M., Ratter, B.M.W., Welp M. *Human-nature interactions in the Anthropocene: potentials of social ecological systems analysis*. Routledge, New-York, USA, 2012.

Berkes, F., and C. Folke. *Linking social and ecological systems: management practices and social mechanisms for building resilience*. Cambridge University Press, Cambridge, 1998, UK

Berkes, F., Colding, J., Folke, C. *Navigating Social-Ecological Systems: Building Resilience for Complexity and Change*, Cambridge 2003, UK, Cambridge University Press.

Binder, C. R., J. Hinkel, P. W. G. Bots, and C. Pahl-Wostl. « Comparison of frameworks for analyzing social-ecological systems ». *Ecology and Society* 18(4): 26. 2013 <http://dx.doi.org/10.5751/ES-05551-180426>

Bourgeron, P. et al., « Regional analysis of social-ecological systems », *Natures Sciences Sociétés* 2009/2 (Vol. 17), p. 185-193.

Carpenter, S., Westley, F., Turner, M. « Surrogates for Resilience of Social-Ecological Systems », in *Ecosystems*, December 2005, Vol 8, Issue 8 ; pp 941-944

Collins, Scott L, Stephen R Carpenter, Scott M Swinton, Daniel E Orenstein, Daniel L Childers, Ted L Gragson, Nancy B Grimm, et al. "An Integrated Conceptual Framework for Long-Term Social–ecological Research." *Frontiers in Ecology and the Environment* 9, no. 6 (2011):

Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R. V. , Paruelo, J., Raskin, R. G., Sutton, P. and van den Belt, M. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387:253-260. 1997 <http://dx.doi.org/10.1038/387253a0>

Costanza, R., Low, B.S., Ostrom, E., Wilson, J. *Institutions, Ecosystems and Sustainability*. CRC Press, 2001. 286p.

Folke, C. *Social-ecological systems and adaptive governance of the commons*. *Ecological Research* 22:14-15. 2007 <http://dx.doi.org/10.1007/s11284-006-0074-0>

- Folke, C. « Resilience: the emergence of a perspective for social-ecological systems analyses », in *Global Environmental Change*, Vol 16, issue 3, August 2006; pp 253-267.
- Folke, C. Biggs, R. Norström, A. Reyers, B. and Rockström, J. “Social-Ecological Resilience and Biosphere-Based Sustainability Science.” *Ecology and Society* 21, no. 3 (September 29, 2016).
- Glaser, M., Krause, G., Ratter, B., and Welp, M. (2008) “Human-Nature-Interaction in the Anthropocene. Potential of Social-Ecological Systems Analysis”.
- Gunderson, H.L, Holling, C.S. *Panarchy. Understanding transformations in human and natural systems*. Island Press. 2002
- Hinkel, J., Bots, P.W.G, and Schlüter, M. “Enhancing the Ostrom social-ecological system framework through formalization”. *Ecology and Society* 19 (3). 2014
- Holling, C.S. « Understanding the complexity of economic, ecological and social systems ». *Ecosystems*, 2001.
- Liu, J. , Dietz, T. , Carpenter, S.R. , Alberti, M. , Folke, C. , Moran, E. , Pell, A.N., Deadman, P. , Kratz, T. , Lubchenco, J., Ostrom, E. , Ouyang, Z. , Provencher, W. , Redman, C.L., Scheiner, S.H. , Taylor, W.W. « Complexity of coupled human and natural systems » in *Science*, 317, 2007.
- Ostrom, Elinor. « A General Framework for Analyzing Sustainability of Social-Ecological Systems ». *Science* 24 Jul 2009: Vol. 325, Issue 5939, pp. 419-422.
- Redman, C., Grove, M. J. and Kuby, L. (2004). « Integrating Social Science into the Long Term Ecological Research (LTER) Network: Social Dimensions of Ecological Change and Ecological Dimensions of Social Change ». *Ecosystems* Vol.7 (2), pp. 161-171.
- Schouten, M., Van der Heide, M., Heijman, W. “Resilience of social-ecological systems in European rural areas: theory and prospects”. 113th EAAE Seminar, December 9-11, 2009, Belgrade.
- Stojanovic T., McNae, H.M., Tett P., Potts T.W., Reis J., Smith, H.D. and Dillingham I. “The « social » aspect of social-ecological systems: a critique of analytical frameworks and findings from a multisite study of coastal sustainability”. Resilience Alliance, 2016
- Walker, B. Holling, C.S. Carpenter, S. R. and Kinzig, A. P. “Resilience, Adaptability and Transformability in Social–ecological Systems.” *Ecology and Society* 9, no. 2 (2004): 5.

Annexe : Recensement de l'usage du terme sur des bases de recherches.

1. En Anglais :

Tableau 1 : Recensement des occurrences sur différentes bases de données anglophones avec les mots clés « socio-ecological system » et « social-ecological system »

Base de donnée/ Mots-clés	« Social-ecological System »	« Socio-ecological system »
Science direct.com	2 393	648
Google Scholars	32 500	14 200
Jstor.org	408	169

2. En français

Tableau 2 : recensement des occurrences sur différentes bases de données avec les mots clés « système socio-écologique » et « socio-écosystème ».

Base de données/ Mots-clés	« Socio-écosystème »	« Système socio-écologique »	Terme inclus dans le titre
Bib.cnrs.fr	14	34	Non quantifiable*
Google Scholars	222	341	35
Cairn.fr	26	63	1
Persée.fr	2	15	0
Jstor.org	2	6	0

Remarques sur les tableaux :

Les recherches sur les différents moteurs en français donnent à voir environ 600 ouvrages et articles ayant de près ou de loin un lien avec les notions étudiées (à noter que des doublons existent entre les moteurs de recherche). Les résultats en français sont néanmoins bien moins nombreux que ceux en langue anglaise. Cependant nombre d'entre eux portent sur des questions spécialisées et liées bien souvent à une zone géographique en particulier. Il est intéressant de voir comment les auteurs déclinent la notion selon leur objet d'étude et comment ils l'adaptent dans un contexte précis. Ainsi, le terme est souvent mis directement en lien avec le territoire étudié.

*La base de données du CNRS ne donne jamais un nombre fixe lors des différentes recherches, les nombres donnés ici sont ceux qui reviennent le plus fréquemment quand la recherche est lancée. Ainsi pour la recherche « système socio-écologique » les résultats varient entre 32 et 40, bien que 34 soit le nombre qui revient le plus fréquemment (les critères de recherche ainsi que le domaine de recherche restent pourtant les mêmes).