

L'ontologie pour construire une représentation multi-niveau de et par les systèmes sociaux

Jean-Pierre Müller¹ & Sigrid Aubert²

¹CIRAD, Campus international de Baillarguet, 34398 Montpellier cedex 5, France

²CIRAD/ESSA, B.P. 853, Antananarivo 101, Madagascar
jean-pierre.muller@cirad.fr, sigrid.aubert@cirad.fr

1. Introduction

L'objectif de ce papier est de présenter comment le concept d'ontologie permet de prendre en compte une multiplicité de niveaux d'organisation dans les systèmes sociaux. La particularité des systèmes sociaux est qu'ils induisent eux-mêmes des ontologies spécifiques, ainsi que nous le montrerons. En conséquence, modéliser une multiplicité de niveaux d'organisation nous conduit à modéliser une multiplicité d'ontologies associées. C'est pourquoi nous construisons non seulement une représentation multi-niveau des systèmes sociaux mais également à travers la structure même des systèmes sociaux.

Cette démarche sera illustrée par un modèle visant à évaluer des scénarios de gestion des ressources forestières par des communautés locales dans un contexte multi-institutionnel à la fois étatique et coutumier à Madagascar.

Après avoir brièvement introduit notre exemple, nous allons définir les notions de systèmes complexes et d'ontologies. Nous appliquerons ces notions sur notre exemple pour en déduire les niveaux d'organisation qui nous paraissent pertinents au regard de notre question, à savoir des niveaux d'organisation centrés sur les acteurs, et d'autres, centrés sur les institutions. Nous approfondirons alors la représentation multi-niveau à l'aide du concept de point de vue. Sur notre exemple concret, nous ancrerons ces points de vue sur deux notions de base : les activités et les systèmes normatifs. Nous les utiliserons pour induire les ontologies des différents niveaux à prendre en compte dans le modèle en introduisant notamment diverses catégorisations des ressources et de l'espace. Après avoir décrit l'implémentation du modèle, nous concluons en situant dans le même cadre notre propre approche multi-disciplinaire.

2. Un exemple

Dans l'exemple proposé, la question est de comprendre l'impact d'un plan de gestion au niveau d'une communauté locale afin d'en évaluer la durabilité écologique, économique et sociale. Cette question est appliquée sur le transfert de gestion des ressources naturelles renouvelables de l'Etat aux communautés locales (instituées sous la forme d'un VOI : Vondron'Olonon Ifotony en malgache) dans les régions forestières de Madagascar. A cette échelle, un plan de gestion mobilise différents outils de régulation : un zonage (avec des zones de protection, d'exploitation raisonnée, de mise en culture, etc.), différents quotas d'usage et/ou d'exploitation, des contrats incitatifs visant la reforestation ou d'amélioration culturelle (payements pour services environnementaux), des taxes, des ristournes et des amendes.

Pour traiter cette question, il est nécessaire de prendre en compte que les acteurs locaux (foyers, mais aussi services de l'Etat, associations et collectivités) sont exposés à une superposition de régulations formelles et informelles initiées par une ou plusieurs institutions (autorité coutumière, VOI, aire protégée, marchés formels ou informels, et naturellement, administrations communale, forestière, régionale et étatique). La gestion, plus ou moins opportuniste, de ces différentes régulations, parfois contradictoires entre elles, par les acteurs locaux est au cœur de la compréhension de l'efficacité réelle de nouvelles régulations locales.

3. Systèmes complexes

Un système complexe est un ensemble de composants dont les interactions non-linéaires produisent un comportement global du système irréductible à la composition des comportements des composants. Le choix du système ainsi que de la façon de le décomposer en composants dépend de la question posée ainsi que du modélisateur. Un système est d'abord une structure, a minima tout-partie et, dans le cas général, avec une topologie sur les composants. Ce qui en fait sa complexité n'est en aucun cas sa structure mais l'absence de compositionnalité entre sa dynamique globale et la dynamique de ses composants. Il peut être compliqué s'il y a beaucoup de composants, simple si on le décompose autrement ou si on s'intéresse à d'autres dynamiques.

Un système complexe introduit d'emblée deux niveaux : le niveau micro de ses composants qui se comportent comme des unités, le niveau macro du système lui-même dont le comportement irréductible lui confère à son tour un caractère d'unité. On peut citer à titre d'exemple une cellule et ses organelles et éléments architecturaux ou ses composants biochimiques selon la question. Nous insistons sur la caractérisation essentiellement épistémique d'un système, entre autres complexe, qui dépend d'un point de vue particulier par rapport à un ou plusieurs objectifs donnés.

Dans notre exemple, nous proposons de considérer deux catégories de systèmes :

- les acteurs initiant des activités selon différentes stratégies. Les stratégies décrivent les régularités sur les dynamiques de mise en œuvre des activités en fonction des objectifs (figure 2). On distingue parmi les acteurs les personnes physiques (ou acteurs individuels) des personnes morales (ou acteurs collectifs).
- les institutions définissant des normes. Les normes décrivent les régularités ou coordinations sur les dynamiques des rôles (figure 3).

Ces deux systèmes interagissent quand un acteur hérite un rôle par son appartenance à une institution, auquel cas les stratégies mises en œuvre vont prendre en compte les normes et les objectifs associées. Limitée aux systèmes sociaux, cette catégorisation est l'équivalent du cadre d'analyse OREA (Organisation, Rôle, Entité, Aspect) proposé par M. Belem (2009). Nous l'intégrons ici à la notion de système (Figure 1). Dans cette figure, la flèche simple désigne la généralisation/spécialisation (un acteur est un cas particulier de système). Le trait avec un losange est la relation tout-partie (une institution est faite de normes).

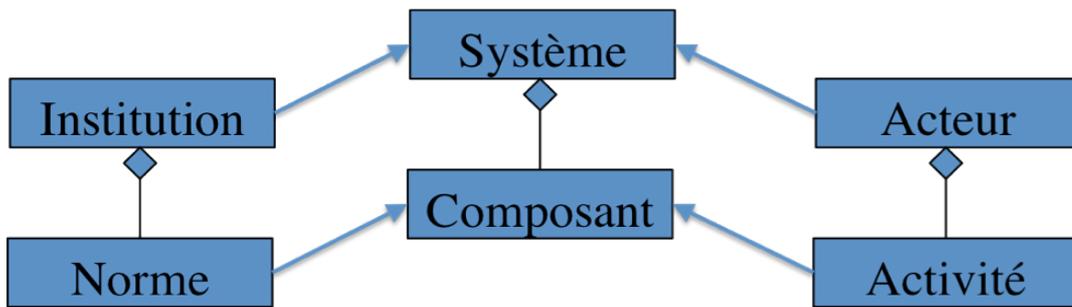


Figure 1: les acteurs et institutions comme systèmes

Dans notre exemple, nous considérons trois acteurs ou plus exactement deux acteurs et une catégorie d'acteurs (Figure 2):

- le VOI, en tant que personne morale, qui est donc la communauté locale signataire du contrat de transfert de gestion. Dans l'exercice de son rôle de gestionnaire, ses activités sont l'attribution de permis de coupe, de contrats pour l'exploitation en régie des ressources ligneuses, et de contrats de surveillance.
- l'administration forestière, service déconcentré de l'Etat, qui, en tant que délégataire de la gestion d'une partie de la forêt classée, lève des taxes et s'assure de la réalisation du cahier des charges du VOI.
- les foyers constitués des personnes physiques répondant aux mêmes objectifs et aux mêmes règles de comportement (On considère que les individus composant un même foyer vont associer leurs forces de travail dans la mise en œuvre d'une même stratégie en vue de la réalisation d'objectifs communs.)

Dans la figure 2, la flèche pointillée est la relation d'instanciation (un VOI est une instance de personne morale). Le trait simple désigne une relation quelconque.

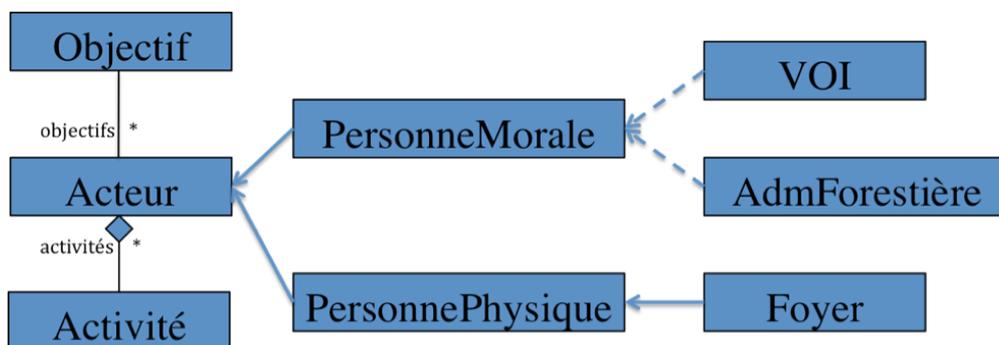


Figure 2: les acteurs considérés

La figure 3 montre les institutions considérées, parmi lesquelles les institutions communautés coutumières organisées autour des lignages. Deux remarques sont importantes :

- il faut bien distinguer les acteurs (qui agissent) et les institutions (qui réifient les structures collectives). Ainsi le VOI en tant qu'institution décrit l'organisation des rôles (membre, usager, surveillant, etc.) à travers les normes associées à ces rôles, alors que le VOI en tant qu'acteur possède des objectifs de gestion (conservation, production, contrôle) et a des activités associées à ces objectifs (contractualisation, distribution de permis). Ainsi le VOI dans la figure 2 n'est pas le même que celui de la figure 3. Dans la figure 2 le VOI est une personne morale, dans la figure 3 le VOI est un « réseau » de personnes physiques.

- pour un modèle donné (et dans la réalité), une institution n'est pas nécessairement associée à un acteur. Ainsi pour le besoin du modèle, les lignages, identifiés comme un type d'organisation coutumière, sont considérés comme une institution, mais pas comme un acteur, dans la mesure où nous ne représentons pas son comportement en tant que gestionnaire du territoire coutumier. Du point de vue de l'analyse, une institution n'a pas d'acteur associé si elle n'existe que dans l'œil de l'observateur sans qu'elle ne puisse effectuer dans le modèle une ou plusieurs activités visant la réalisation d'un objectif particulier. Néanmoins, force est de reconnaître que l'institution coutumière (le lignage) va orienter, au travers d'un certain nombre de normes, le comportement des personnes physiques qui la constituent.

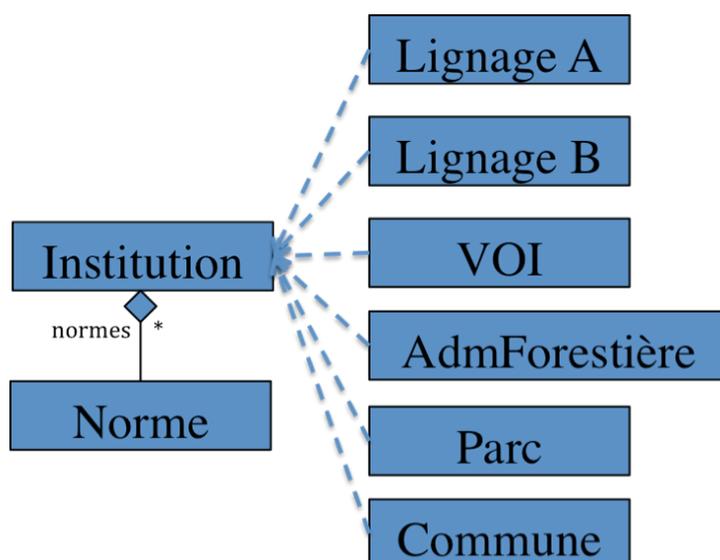


Figure 3: les institutions considérées

4. Ontologies

Une ontologie est la spécification d'une conceptualisation d'un domaine (Gruber, 1993). Un domaine peut se définir comme l'ensemble des systèmes qu'un modélisateur considère, ainsi que par la stratégie de décomposition de ces systèmes pour les besoins de leur description. Une conceptualisation est l'ensemble des concepts, dénotés à l'aide d'une terminologie, utilisés pour distinguer ces différents systèmes, en décrire leurs composants et leurs dynamiques. Bien sûr, ces ensembles ne sont pas fixes mais évoluent par les échanges et controverses au sein de communautés diverses: communautés de pratiques, communautés culturelles ou scientifiques. Dès lors une ontologie n'est rien d'autre que la représentation formelle de ces concepts et de leurs connexions. Ces connexions reflètent à la fois la structure des catégorisations du réel (liens taxinomiques) et la structure des systèmes auxquels le domaine (et donc la communauté qui le porte) fait référence.

Dans la suite, nous considérerons que chaque acteur et chaque institution mobilise un domaine de discours que nous formaliserons à l'aide d'une ontologie. En conséquence, nous proposons d'étendre la notion de systèmes complexes aux domaines, de sorte que le comportement global d'un système complexe ne peut être compris sans faire interagir un ensemble de domaines. Ces domaines peuvent être d'origine disciplinaire

(agronomie, écologie, géographie, économie, sociologie, en ce qui concerne les anthroposystèmes) mais, en ce qui concerne la modélisation des systèmes sociaux, peuvent faire intervenir également les ontologies des différents acteurs et institutions modélisés à différents niveaux d'organisation (de l'individu à l'Etat en passant par les collectivités territoriales, les groupements, associations ou communautés légalement instituées ou non).

Ces domaines de discours sont eux-mêmes issus d'un ensemble de points de vue. Se pose, dès lors, le problème de la définition et de l'articulation des points de vue.

5. Les points de vue

Un point de vue identifie une catégorie de systèmes, leurs composants, leurs relations et éventuellement leurs dynamiques. Selon H. Maturana (Maturana, 88), un point de vue est issu d'un domaine de l'expérience. Dans notre cas, l'expérience des acteurs se fait à travers leurs actions, celle des institutions, si on peut parler d'expérience, à travers la régulation des actions, à savoir les normes. De la même façon que les actions sont regroupées en activités orientées vers des objectifs individuels, les normes sont regroupées en systèmes normatifs orientés vers des objectifs collectifs. Nous allons donc expliciter comment les activités et les systèmes normatifs engendrent des points de vue.

5.1. Construction des points de vue par les activités

Les acteurs sont caractérisés par les activités qu'ils réalisent. Toute activité introduit de facto une catégorisation du réel, en définissant l'ensemble des objets qui sont utilisés comme ressources de cette activité. Ainsi une activité de production de charbon catégorise les bois dont on peut faire du charbon de ceux dont on ne peut pas faire le charbon, les outils qui coupent les arbres de ceux qui ne peuvent pas, etc. Réciproquement l'acteur qui réalise cette activité se trouve lui-même associé un rôle, dans notre exemple, le rôle de charbonnier.

Pour prendre en compte cela, nous proposons:

1. de décrire cette catégorisation induite par une activité sous la forme de rôle des ressources. Par exemple, nous introduisons le rôle "Bois de feu" que certaines espèces végétales peuvent "jouer" relativement à l'activité de production de charbon (figure 4).
2. de définir le rôle de l'acteur induit par l'activité. Par exemple, nous introduisons le rôle de "Charbonnier" pour l'acteur qui réalise l'activité correspondante (figure 4).

Cette proposition permet de générer l'ontologie de chaque acteur à partir de l'analyse des différentes activités qu'il peut déployer. Cette ontologie articule les différentes catégorisations induites par les différentes activités.

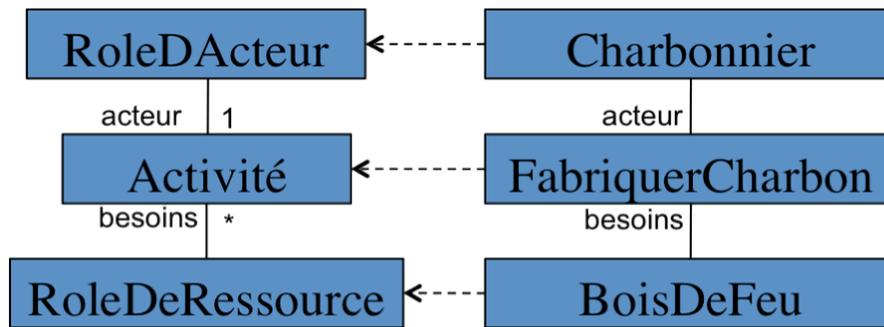


Figure 4: un exemple de catégorisation par les activités

5.2. Construction des points de vue par les systèmes normatifs

Les institutions sont composées de normes régulant les interactions et organisées en systèmes normatifs. En anthropologie du droit (Aubert & al. 2010, Le Roy 1999), une norme permet d’instancier une relation de droit. Une relation de droit lie, au sein d’une institution donnée (donc dans le cadre des relations que les hommes entretiennent entre eux à propos de la nature dans le cas qui nous intéresse), un sujet à un objet en conférant au sujet le droit, le devoir ou l’interdiction de faire une activité sur un objet de droit. C’est à dessein que l’on parle de sujet et d’objet plutôt que d’acteur et de ressource car le droit attribue à un acteur un rôle de sujet de droit et à une ressource un rôle d’objet de droit, en tant qu’il est un discours (un point de vue) sur les activités des acteurs. Les relations de droit définissent à leur tour des rôles pour les acteurs (a minima d’être un sujet de droit) ainsi que pour les ressources (a minima d’être un objet de droit). Finalement, ces normes peuvent être produites par des institutions mobilisant le droit positif (les lois et règlements, généralement écrits), la coutume (le droit construit par les autorités coutumières, généralement oral) ou le droit de la pratique (les normes constituants des invariants ne relevant cependant ni d’une autorité légalement constituée, ni d’une autorité coutumière).

Le droit positif, comme chacun des systèmes normatifs précédemment décrits, constitue donc une source d’ontologie à travers le vocabulaire utilisé pour exprimer les normes.

La figure 5 illustre dans notre modèle la catégorisation induite par une forme particulière de relation de droit qui stipule qu’un objet n’est une chose que si on en use. L’interdiction en droit français (et dans beaucoup de droits) qu’une personne soit un objet induit automatiquement qu’une personne ne peut jamais être une chose et donc exclu de facto l’esclavage.

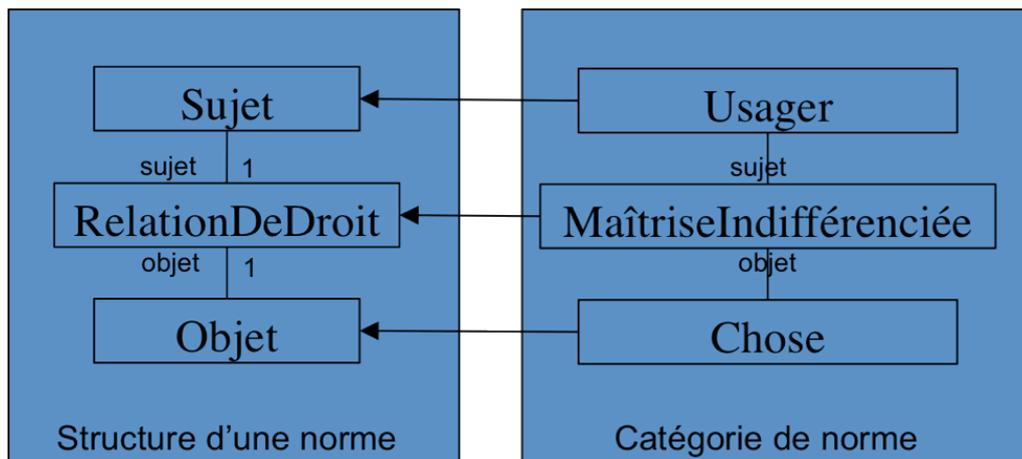


Figure 5: un exemple de catégorisation par les normes

6. Articulation des points de vue

Si un point de vue identifie une catégorie de systèmes, leurs composants, leurs relations et éventuellement leurs dynamiques, d'autres points de vue pourraient faire de chaque composant un système lui-même décomposé en "sous-composants", ou inversement du système selon un certain point de vue un composant d'un autre système, introduisant ainsi la possibilité d'une hiérarchie de points de vue. Si tout système introduit implicitement le niveau des composants et le niveau système, nous proposons de dire qu'il n'en définit qu'un : l'ensemble des composants du système. Le système ne constitue un niveau que dans la mesure où il est ou peut être un composant (et est décrit comme une unité) d'un autre système. Ce choix est compatible avec la notion de holon (Koestler, 1968) considéré comme composé selon un point de vue et comme une unité selon un autre point de vue. H. Maturana (Maturana, 88) souligne également que parler d'un système composé n'est rien d'autre que l'articulation de deux points de vue ayant leur fondement dans des domaines de l'expérience distincts.

La plupart du temps les points de vue se côtoient plutôt qu'ils ne s'emboîtent. Mais à quelle condition pourrait-on dire que deux points de vue (et donc deux systèmes) s'articulent (ou se superposent). Prenons comme exemple un réseau routier fait de routes (ou segments de routes) et une ville faite de maisons. Eventuellement la ville peut se superposer localement au réseau routier ; plus encore, la dynamique de l'une interagit avec la dynamique de l'autre. On pourrait dire que c'est parce que ces deux systèmes sont (au moins partiellement) au même endroit, parce que leur extension spatiale se recouvre. Mais on peut aussi dire le contraire : que ce sont les interactions qui fondent leur co-localisation et non pas leur co-localisation qui serait la condition de possibilité de leurs interactions! A l'extrême, deux systèmes interagissent si le même objet participe des deux systèmes à la fois. Ainsi un arbre peut participer simultanément d'un système hydrique et d'un système de flux de carbone. Par rapport à nos activités, un arbre peut être vu comme du bois de construction du point de vue du bûcheron ou du bois de feu du point de vue du charbonnier. La multi-fonctionnalité et la compétition sur les ressources y trouvent donc une expression naturelle.

On peut poser la description des structures sociales dans les mêmes termes : deux systèmes sociaux interagissent si certains de leurs composants (les individus) sont au même endroit. De la même façon que pour un système physique, deux systèmes sociaux

interagissent si un même individu participe des deux. Existe-t-il des systèmes sociaux complexes? A cet égard, nous reprenons la distinction de M. Grossetti (2004) entre les réseaux sociaux où les individus sont en interaction deux à deux via un média spécifique à chacune des paires, et les collectifs qui possèdent un média partagé qui leur confère un caractère d'unité. De facto un média partagé impose un ensemble de normes (des contraintes sur les dynamiques/comportements) et une ontologie (une façon de catégoriser le réel), nous parlerons d'une institution au sens d'E. Ostrom (1990). Les réseaux sociaux ainsi que les collectifs peuvent être complexes ou non selon les propriétés des dynamiques auxquelles on s'intéresse. L'émergence d'une unité collective milite pour considérer les collectifs comme des systèmes complexes.

7. Catégorisation de l'espace

Les institutions à travers les normes et les acteurs à travers leurs activités induisant des catégorisations sur les ressources, nous avons également considéré le cas de la ressource particulière qu'est l'espace. L'espace est en effet, avec le temps, une ressource essentielle des activités comme support des autres ressources (et donc des déplacements pour y accéder), et comme ressource elle-même pour les activités dites (en droit) d'établissement sur fonds de terre comme la mise en culture ou la construction. Comme n'importe quelle ressource, l'espace va être décrit à travers les activités et les normes.

Pour rendre compte de cette représentation, nous utilisons la notion de territoire. Il existe plusieurs définitions de cette notion comme, par exemple, la définition sociologique:

« Agencement de ressources matérielles et symboliques capables de structurer les conditions pratiques de l'existence d'un individu ou d'un collectif social et d'informer en retour cet individu ou ce collectif sur sa propre identité. »
(Debardieux, 2003, p. 910)

ou la définition politique:

« Territoriality will be defined as the attempt by an individual or a group to affect, influence or control people, phenomena, and relationships, by delimiting an asserting control over a geographic area. This area will be called the territory. »
(Sack, 1986, p. 19)

Les ressources matérielles et symboliques étant structurées par les activités (acteur) et les normes (institution), nous retenons le fait que le territoire est associé à un acteur et/ou une institution, qu'il a une limite ou frontière et qu'il organise un agencement particulier des ressources, y compris normatives. Cette organisation est construite sur la notion de lieux organisés par une topologie. Un territoire peut donc être perçu comme une unité par l'acteur ou l'institution. Il peut être décomposé selon différents points de vue en fonction des activités et des systèmes normatifs sous forme d'un ensemble de lieux organisés. Le territoire est donc lui-même un système composé de lieux.

La figure 6 montre les territoires associés aux institutions que nous avons considérés. Dans notre cas, un territoire n'est associé qu'à une institution. Les acteurs mobilisent des territoires construits à partir de leurs institutions d'appartenance mais également en fonction de leurs activités notamment de chasse, pêche, cueillette ou d'établissement (culture, construction). Dans notre implémentation, nous supposons l'espace de

simulation¹ est partagé par tous les acteurs (mais pas nécessairement par toute les institutions) et qu'il est structuré par un pavage de granularité paramétrable.

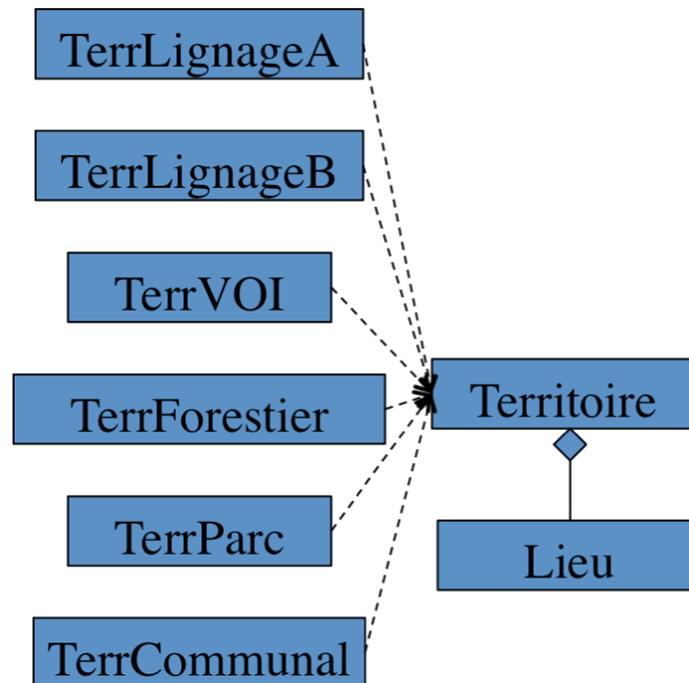


Figure 6: les territoires

Même si c'est le cas dans notre exemple, toutes les institutions ne sont pas nécessairement associées à un territoire, par exemple, les associations. Ceci introduit la distinction entre institutions territorialisées et institutions non-territorialisées.

8. La notion de situation

Dans les systèmes multi-agents (Ferber, 1995), la notion d'agent situé est fondamentale pour rendre compte de la diversité des comportements observés malgré l'éventuelle uniformité de la stratégie individuelle de chaque agent. Une même stratégie dans des contextes différents produit des comportements différents. En pratique, elle est souvent réduite à une position dans un espace géométrique ou, au mieux, dans un espace social. Cette position permet de rendre compte de la variété et de la variation des comportements par la structure et la modification des voisinages, soit des ressources, soit des autres agents (acquaintances).

En introduisant les notions d'institution, et, respectivement de territoire, nous étendons cette notion de situation car, de facto, un acteur se retrouve à tout moment situé non plus seulement au regard d'une distribution spatiale des ressources, mais également dans un ensemble de territoires (territoire du lignage, du VOI, de la commune, de l'administration forestière, etc.), et confronté aux systèmes normatifs établis par un ensemble d'institutions. Il va, selon le cas, accepter ou non de respecter les normes lors de la réalisation de ses activités. Un agent possède donc un ensemble de positions écologiques, territoriales, mais également sociales (il va enfreindre ou non les normes

¹ L'espace de simulation est la portion d'espace prise en compte par le modèle en fonction de la question.

établies par une institution selon les caractéristiques de son statut social). Dès lors, il se trouve en permanence soumis à un ensemble de normes, que ce soit celles qui organisent la ou les institutions auxquelles il adhère, et/ou celles qui portent sur le territoire des institutions sur lesquels il exerce ses activités. Bien entendu, ces normes peuvent être contradictoires entre elles ce qui nécessite d'introduire dans la stratégie d'un foyer la possibilité de violer des normes en fonction de valeurs octroyées aux diverses institutions, mais également pour le VOI gestionnaire, la possibilité de sanctionner ces infractions. Plus encore, il est dès lors possible de modéliser le jeu d'acteur à travers l'utilisation de ses multiples positions dans les espaces territoriaux et sociaux en fonction de ses objectifs. Sur la dimension purement sociale, la prise en compte de la théorie de l'acteur stratégique par Crosier et Friedberg (1977) est encore à explorer.

9. Mise en oeuvre

Concrètement, le modèle est décrit par:

- un ensemble de cartes vectorielles qui décrivent les différents territoires et leur structure (routes, réseau hydrographique, villages, habitats, zonages, etc.)
- un ensemble de fichiers Excel qui énumèrent les institutions, leur structure et leurs normes ainsi que les acteurs, leurs objectifs et leurs activités.

Ceci permet de décrire des contextes territoriaux et institutionnels multi-niveaux quelconques.

Ces descriptions sont chargées dans une base de donnée PostGreSQL, plus PostGIS pour les informations géographiques, et servent de base pour générer l'état initial du système: répartition spatiale des ressources et des acteurs, appartenances initiales des acteurs.

Le modèle est maintenant opérationnel et nous allons tester prochainement sa généralité à travers son paramétrage sur un ensemble de sites distincts par leur contexte territorial et institutionnel. Il reste également à explorer différents scénarios de gestion (choix des zonages, quotas, investissement dans la surveillance, incitations) afin d'évaluer leur impact sur le développement durable des communautés locales. Des études de sensibilités sont en cours de réalisation sur des questions précises.

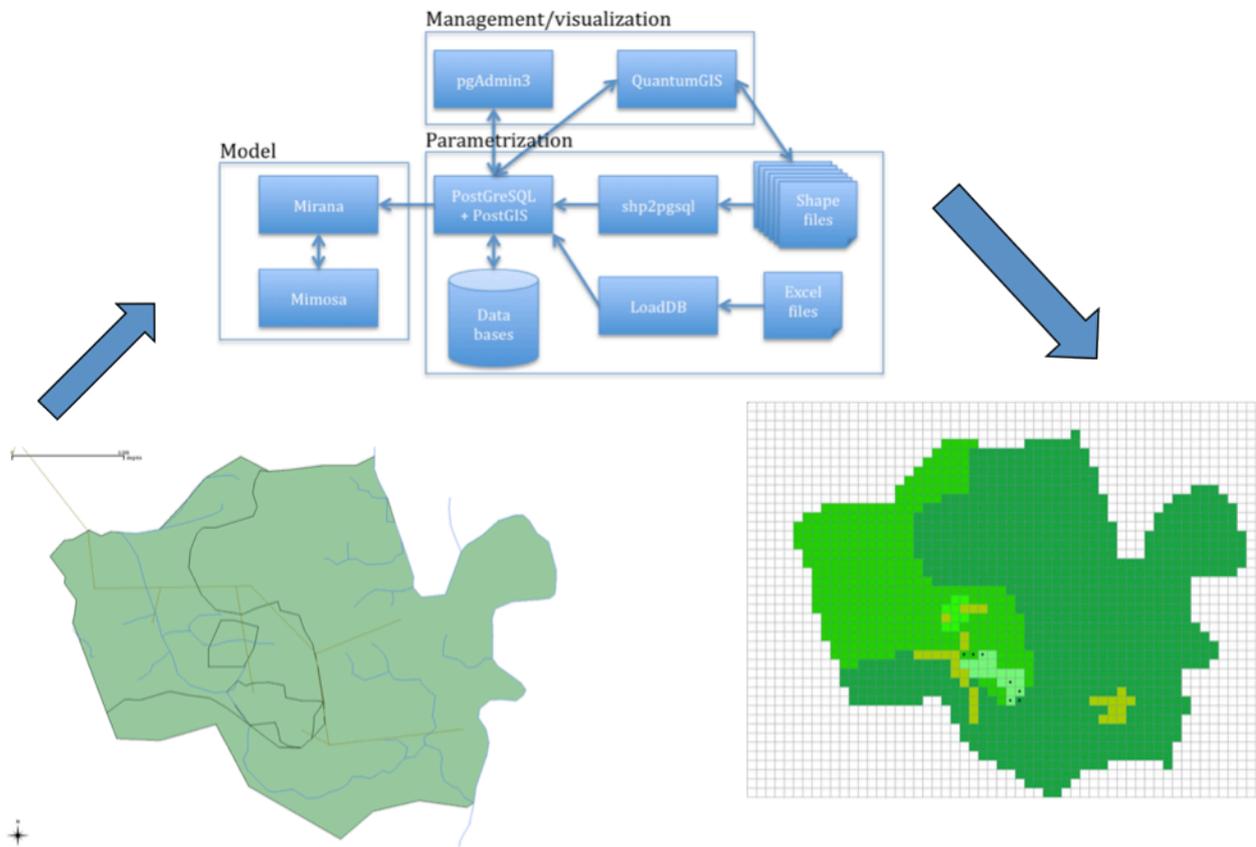


Figure 7: mise en oeuvre du modèle

10. Conclusion

Nous avons proposé de structurer la multiplicité des niveaux d'organisation, indispensables pour rendre compte d'un système aussi complexe qu'un éco-sociosystème en invoquant d'abord la notion de système. Nous avons ensuite décliné cette notion de système dans les systèmes particuliers que sont les institutions, les acteurs et, secondairement, les territoires. Nous avons également montré que les acteurs à travers leurs activités, et les institutions à travers leurs systèmes normatifs définissent l'ensemble des ontologies spécifiques qui structurent la façon de rendre compte de la multiplicité de ces niveaux. Raison pour laquelle non seulement nous proposons une ontologie de représentation multi-niveau des systèmes sociaux, mais aussi nous utilisons la notion de système social, fait d'acteurs et d'institutions, ainsi modélisé pour rendre compte de la production même de cette ontologie par les activités et les normes.

Un pas plus loin, quand nous modélisons des éco-sociosystèmes, nous le faisons en tant que nous faisons partie d'un (ou plusieurs) systèmes sociaux, notamment ceux qui structurent nos pratiques scientifiques disciplinaires. En conséquence, nous sommes amenés à modéliser non seulement les points de vue des acteurs et des institutions, mais aussi nos propres points de vue multi-disciplinaires (et donc nos propres ontologies) sur le système.

L'arsenal conceptuel et méthodologique que nous esquissons dans ce papier est très loin d'être achevé. Notamment, notre ontologie est très orientée par l'anthropologie du droit et demande à être confrontée davantage à d'autres ontologies issues de la géographie, la sociologie, l'économie institutionnelle, etc. La confrontation des ontologies permettrait

de révéler la polysémie du vocabulaire ainsi que les identifications trop hâtives en restituant les mots dans les logiques qui les mettent en œuvre. Par exemple, est-ce que les notions de personne morale et personne physique dérivant du droit, correspondent en sociologie (et selon les auteurs) aux acteurs individuels et collectifs ? Rendre compte d'une multiplicité de points de vue à travers une ontologie monolithique ne va clairement pas au bout de la posture constructiviste radicale (Le Moigne, 2003) que nous nous sommes proposés d'appliquer et de poursuivre.

Bibliographie

- Sigrid Aubert, Jean-Pierre Müller, Julliard Ralihalizara, MIRANA: a socio-ecological model for assessing sustainability of community-based regulations, International Congress on Environmental Modelling and Software, Ottawa, Canada, juillet 2010.
- Mahamadou Belem, *Un modèle conceptuel pour la représentation et l'analyse multi-points de vues des systèmes complexes. Application à l'analyse de la dynamique des ressources en carbone des terroirs villageois de la savane ouest-africaine*, Thèse de l'Université Montpellier II, 2009.
- Michel Crozier, Erhard Friedberg, *L'acteur et le système*, Seuil 1977.
- B. Debarbieux, « Territoire » in *Dictionnaire de la géographie et de l'espace des sociétés*, J. Lévy et M. Lussault (eds.), Paris : Belin, 2003.
- Jacques Ferber, *Les systèmes multi-agents: vers une intelligence collective*, Interéditions, 1995.
- Michel Grossetti, *Sociologie de l'imprévisible. Dynamiques de l'activité et des formes sociales*, Presses Universitaires de France, Collection « Sociologie d'aujourd'hui », 2004.
- Thomas R. Gruber, *Towards Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing* in Formal Ontology in Conceptual Analysis and Knowledge Representation, Kluwer Academic Publishers, 1993.
- Koestler, *The Ghost in the Machine*. Macmillan, New York, 384 pp, 1968.
- Jean-Louis Le Moigne, *Le Constructivisme*, L'Harmattan, 2003.
- Etienne Le Roy, *Le jeu des lois, une anthropologie 'dynamique' du Droit*, Paris, LGDJ, col. Droit et société, série anthropologie, 1999.
- Humberto Maturana, Ontology of observing, Conference Workbook: Texts in Cybernetics, American Society For Cibernetics Conference, Felton, CA., October, 1988.
- Elinor Ostrom, *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*, Cambridge University Press, 1990.
- Claudia Pahl-Wostl, A conceptual framework for analysing adaptive capacity and multi level learning processes in resource governance regimes. *Global Environmental Change*, 19, 354-365, 2009.
- R. Sack, *Human Territoriality. Its Theory and History*, Cambridge, Cambridge University Press, 1986.