

Vers une géo-ontologie pour les Systèmes Energétiques Territoriaux (SET)

Yann Fléty, Marie-Hélène de Sède-Marceau

► **To cite this version:**

Yann Fléty, Marie-Hélène de Sède-Marceau. Vers une géo-ontologie pour les Systèmes Energétiques Territoriaux (SET). XVIe rencontres de Rochebrune sur les systèmes complexes naturels et artificiels : ontologie et dynamique des systèmes complexes, Jan 2009, Megève, France. pp.1-12. hal-00767229

HAL Id: hal-00767229

<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00767229>

Submitted on 8 Jan 2013

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.

Vers une géo-ontologie pour les Systèmes Energétiques Territoriaux

Yann FLETY[°], Marie-Hélène DE SEDE[♦]

[°]Doctorant, yann.flety@univ-fcomte.fr, [♦]Professeur, marie-helene.de-sede-marceau@univ-fcomte.fr
Laboratoire ThéMA UMR 6049 CNRS, Univ. Franche-Comté, 32 Rue Mégevand 25030 Besançon CEDEX

Résumé : Cette communication vise à explorer les bases d'une ontologie de domaine, à travers une illustration géographique de la thématique énergétique, reposant sur la considération des Systèmes Energétiques Territoriaux. Dans une perspective d'observation des territoires et d'aide à la décision, l'objectif final est de parvenir à une instrumentation sous la forme d'un observatoire. Cette application informatique nécessite de structurer et de représenter des connaissances. Elle s'accompagne d'une phase préalable de modélisation qui consiste en l'identification des entités significatives du domaine, de la sémantique à leur affecter, et des processus à leur attacher. De plus, l'intégration de données et l'interopérabilité nécessaires à tout système d'information et donc aux observatoires, soulèvent des questions de multi-représentations, de mobilisation et d'extraction de données. L'interface de l'outil permettra une représentation du système, *via* une ontologie multi-échelle du domaine énergétique territorial, autorisant l'ancrage de représentations thématiques spécifiques à l'aide de points de vue. Si ce travail est initié, une synthèse bibliographique et l'identification des étapes nécessaires à la construction d'une maquette de cette ontologie sont ici présentées et questionnent le lien entre la modélisation d'un système complexe en géographie et l'ontologie qui peut en être issue.

Mots-clefs : système complexe, ontologie, simulation, système – énergie - territoire, géographie.

1 Introduction

Les contextes politique, scientifique, environnemental et économique, mènent au constat de mutations multidimensionnelles des systèmes énergétiques qui se traduisent par leur relocalisation vers des échelles régionales. Déclinaison systémique et territorialisée, le concept de Système Energétique Territorial (Ibrahim, 2005) fournit un cadre conceptuel d'analyse au service des acteurs du secteur, demandeurs d'outils d'aide à la décision.

La planification énergétique territoriale est un processus complexe impliquant de nombreux acteurs (Magnin, 2007), tels des organismes d'encadrement (ADEME, Agence d'urbanisme), des services techniques ou d'étude des collectivités, des politiques-décideurs, des citoyens-consommateurs (voir dans certains cas producteurs). La multitude des contextes et profils de ces acteurs, utilisant un vocabulaire spécifique et différents types d'informations menant ainsi à une forte hétérogénéité d'intérêts et de demandes, nécessite de recourir à des outils reconnus pour leurs apports en terme de cohérence et de sémantique.

L'objectif de ce travail est de fournir un cadre spatial, temporel et sémantique pour une lecture énergétique des territoires, *via* une ontologie de domaine.

Cette communication vise une synthèse bibliographique et l'identification des étapes de construction pour une maquette d'une ontologie de domaine à travers une entrée territoriale de la thématique énergétique.

La pluralité des acceptions du terme « ontologie » nous amène dans un premier temps à en resituer les fondements puis à définir les spécificités des ontologies en géographie. Au-delà de cette diversité, nous illustrerons la construction d'une ontologie dans une ambition de partage et d'exploitation de connaissances de notre domaine que constituent les Systèmes Energétiques Territoriaux. Nous préciserons en quoi une ontologie est une nécessité pour notre approche dans le cadre du projet « Observation et Prospective Territoriale Energétique à Echelle Régionale » (OPTEER), en particulier lors de la modélisation d'un système complexe et de l'exploitation d'un observatoire qui ambitionne des capacités de prospective.

Une approche intégrée et instrumentée des connaissances d'un système complexe en géographie nous semble en effet possible à la condition d'une appropriation par les utilisateurs de ces connaissances, reposant sur un partage sémantique, par exemple, *via* une ontologie.

2 Les ontologies, un formalisme de communication de la connaissance

Si le terme « ontologie » trouve ses origines¹ dans le champ disciplinaire de la philosophie et constitue une branche de la métaphysique qui questionne « *l'être en tant qu'être* », nous le considérerons ici dans une acception relevant du domaine de l'intelligence artificielle sous l'angle de sa signification informatique (Smith, 2001). Même si l'on ne peut pas parler d'un usage particulier, mais plutôt de caractéristiques liées à cet usage, nous nous intéressons plus particulièrement aux ontologies à des fins de modélisation en informatique. La première définition, la plus fréquemment citée pour définir le terme ontologie, est apparue pour le projet ARPA Knowledge sharing comme étant « *une spécification explicite d'une conceptualisation* » (Gruber, 1993). Welty et al., 1999 in Smith, 2001 définissent une ontologie comme une formalisation à un certain niveau de complexité d'informations structurées (Figure 1). L'illustration d'une version simplifiée d'une ontologie peut, par exemple, être constituée par une hiérarchie de termes reliés par des relations génériques/spécifiques. Pour notre propos, l'importance des ontologies a été reconnue dans les domaines de l'ingénierie des connaissances, des représentations de connaissance, de la modélisation qualitative, de l'analyse orientée-objet, de

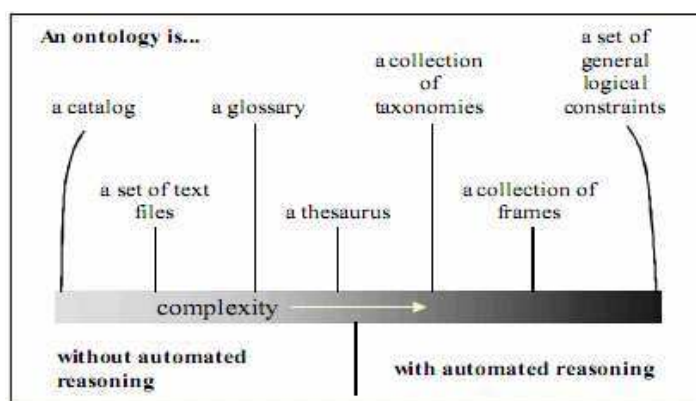


Figure 1 : Spectre de la complexité d'une ontologie
Welty et al., 1999 in Smith, 2001

Nous retiendrons donc dans un premier temps, qu'une ontologie est une représentation structurée et opérationnelle de concepts et de leurs relations sémantiques explicites.

Tout comme les perceptions du monde peuvent se situer à des niveaux d'abstraction variés, Guarino, 1998 distingue *différents niveaux d'abstraction* pour les ontologies :

- les ontologies génériques, de haut niveau, contiennent des conceptualisations valables dans différents domaines tel le temps, les lieux, une entité, etc. Nous mentionnerons ici en guise d'exemple les travaux de Gangemi, 2002 autour du projet « Descriptive Ontology for Linguistic and Cognitive Engineering » (DOLCE).
- les ontologies de domaines s'attachent à décrire le vocabulaire relatif à un domaine particulier mais elles restent génériques pour ce domaine, nous pourrions citer par exemple, en géomatique, les travaux de Parent, 1998 développés en amont du modèle de « Modélisation d'Applications à Données Spatio-Temporelles » (MADS) et qui définissent des concepts spatiaux;
- les ontologies d'application sont composées de concepts dérivés de tous les types d'ontologies précédents. Ces ontologies émanent de groupes particuliers travaillant sur des applications spécifiques. Chaput, 2004 illustre ainsi une structure portant sur un corpus de document pour une formation en ligne portant sur les statistiques.

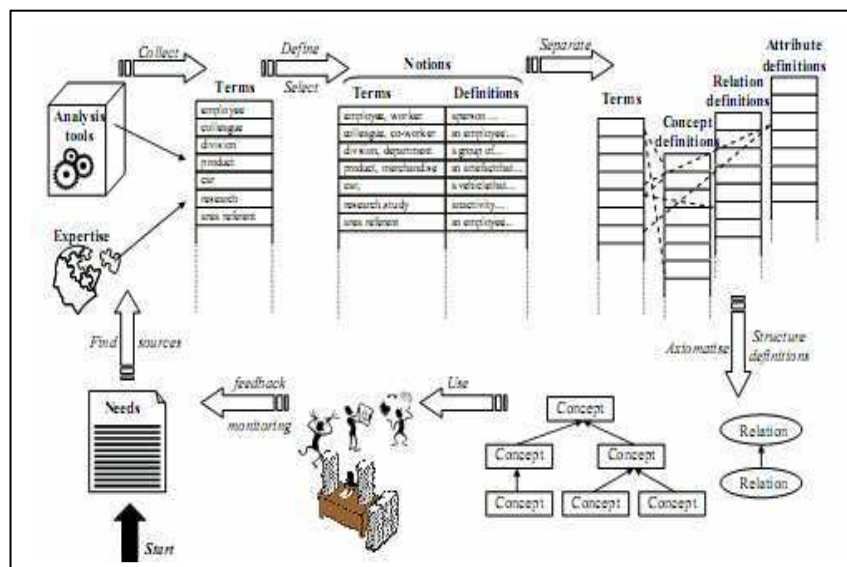
Ces ontologies ne sont pas indépendantes : l'ontologie d'application doit pouvoir être rattachée à une ontologie de domaine. Une ontologie de domaine, qui nous intéresse plus particulièrement ici, définit donc le vocabulaire partagé permettant une compréhension d'un domaine donné, elle contient ainsi les définitions des concepts du domaine et les relations explicites et formalisées entre ces concepts.

¹ Pour une synthèse du terme ontologie utilisé en philosophie et sciences de l'information, cf. Smith, 2001

En terme de démarche méthodologique de construction d'ontologie, la littérature fait l'objet de productions dédiées soit à la présentation de différentes méthodologies (Fernandez-Lopez, 1999), soit à la présentation d'une méthodologie de construction déroulée pas à pas (Graca, 2005, Poli, 2002, Uschold, 1995, Batista, 2006). Au vu de l'hétérogénéité des acceptions du terme ontologie, une des premières étapes de construction communément admise vise une définition partagée du terme même d'ontologie et des notions utilisées pour cette définition. Ainsi Smith, 2004 et Gandon, 2002 proposent une clarification des notions de concepts et termes comme première étape : "A concept is a notion usually expressed by a term or more generally a sign, representing a group of objects or beings sharing characteristics that enable us to recognise them as forming and belonging to this group". Après la nécessaire constitution de ces définitions, différentes approches méthodologiques sont proposées pour la construction d'une ontologie, relevant d'une approche bottom-up procédant par généralisation à partir d'instances spécifiques, à son opposé top-down ayant pour point de départ des concepts génériques (Gandon, 2002). Ces instances spécifiques ou concepts génériques sont issus de matériels sources différents, impliquant trois entrées principales. Si la première approche repose sur l'utilisation de ressources textuelles (dictionnaires, glossaires, textes), une seconde a recours à des modèles conceptuels déjà constitués, et une troisième réinvestit des ontologies existantes. Chacune de ces approches est associée à une méthodologie spécifique, par exemple la méthodologie TERMINAE (Chrisment, 2006) dans le cas de la première approche, à partir de ressources textuelles.

De manière générale et schématiquement, on distingue ensuite deux étapes principales pour la construction d'une ontologie avec tout d'abord l'acquisition et la modélisation des connaissances qui consiste à construire une spécification structurée en langue naturelle d'une ontologie; puis la représentation des connaissances qui vise à coder l'ontologie obtenue à l'aide d'un formalisme particulier. Ces deux étapes peuvent elles-mêmes être subdivisées (Figure 2).

Figure 2 : Ontologie, cycle de développement
Gandon 2002 p385



Le recours motivé à une ontologie définit les questions soulevées auxquelles l'ontologie devra répondre, impliquant séparément des concepts réutilisables, et des relations spécifiques découlant du cadre d'étude. Ainsi, bien qu'une ontologie doive être réutilisable, elle est toujours liée à un scénario de base ou à des situations particulières. Une ontologie de domaine ou d'application ne devrait pas être dissociée de son cadre d'étude. On trouve en ce sens bon nombre d'ontologies manipulant des concepts identiques, mais correspondant à des scénarios de bases différents qu'illustrent leurs différentes relations.

3 Les spécificités des « géo-ontologies »

Les ontologies peuvent jouer un rôle important dans le développement de système d'information, et notamment dans le champ du partage de l'information géographique. Ces ontologies, capables de prendre en compte et de gérer l'information géographique sont des ontologies géographiques (Cullot, 2003). Une géo-ontologie ou ontologie d'un domaine relevant de la géographie (Long-hua, 2007, Smith, 1998, Pundt, 2002, Wang, 2008, Mark, 1999), à différencier d'une ontologie de la géographie,

est définie par différentes spécificités liées à la multi-dimensionnalité des objets géographiques. Nous introduisons une nuance entre les ontologies géographiques relatives à une thématique (agriculture, hydrologie, l'urbain...), qualifiée de géographiques du fait du domaine qu'elles traitent, des ontologies géographiques purement spatiales, ou ontologies spatiales, qui s'intéressent à la spécification de concepts spatiaux à des fins de représentations cartographiques (Gesbert, 2005, Parent, 1998). Si dans un premier temps nous ne considérons pas directement ces dernières dans ce travail, il nous faudra à terme nous réapproprier les propositions conceptuelles issues de ces travaux. Un premier questionnement concernant les géo-ontologies est relatif aux objets considérés par la géographie. Quels sont les critères et qu'est-ce qui fait qu'un objet est géographique ? Est-ce la seule lecture de ces objets sous un angle disciplinaire qu'est la géographie ? Si Smith, 2001b a esquissé quelques sérieuses pistes, il rappelle que les géographes ont débattu de ces questions depuis des décennies, il ne s'agit donc pas ici de répondre définitivement à cette question. Cependant, une ontologie pose continuellement la question de la pertinence des entités identifiées et soulève donc inévitablement les questions des limites et des définitions de ces entités. En ce sens Marty, 1999, relativement à la sémiologie, oppose la notion d'objet construit à celle d'observable. Cette distinction soulève pour le géographe, la question des entités manipulées, observables ou construites, entre réalisme et constructivisme. Dans une approche restrictive, le géographe ne s'appuierait-il pas par définition sur des entités et relations spatiales perceptibles ? Si il nous semble que les objets géographiques considérés au sens large (phénomènes, processus) peuvent aussi bien relever de l'observable que d'un construit, ils sont en tout cas localisés et présentent entre eux une relation de type spatial. Il s'agit par exemple d'infrastructures de transports, observables, qui matérialisent des relations sous la forme de flux physiques, d'énergie et/ou d'information, traduites par un objet construit, par exemple le déplacement. Les objets géographiques ont en effet des particularités intrinsèques : les données qui les matérialisent sont structurées spatialement (topologie, distance, ...), hiérarchiquement (composition, appartenance) et peuvent présenter une dépendance scalaire.

Bon nombre de concepts en géographie se réfère en effet non seulement à l'idée d'une dépendance scalaire des phénomènes, mais considère que ces phénomènes sont en partie définis par leur échelle. L'échelle est ici entendue non dans son acception traditionnelle en cartographie, mais comme niveau auquel une réalité est observée et modélisée (Goodchild, 2001). Il s'agit ici d'une échelle d'analyse « pertinente » au vu d'un contexte, pour laquelle des processus et objets déterminent des structures. Montello, 2001 parle en ce sens d'échelle de phénomènes. Il est reconnu que les différentes échelles d'un phénomène géographique interagissent, ou qu'un phénomène à une échelle émerge de phénomènes relevant d'échelle plus petite ou plus grande. Il s'agit donc ici d'identifier qu'elles sont les entités significatives (objets) à identifier à différentes échelles, quelles sémantiques leur affecter, et quels processus leur attacher. En ce sens Camossi, 2003 définit la granularité comme la capacité de représenter un objet ou processus à différents niveaux de détails, augmentant la flexibilité de la modélisation et les potentialités d'analyse.

Plusieurs auteurs se sont intéressés à ces aspects spécifiques aux objets géographiques dans le cadre de multi-représentations à l'aide de vues dépendant de points de vue (Vangenot, 2001, Metral, 2007, Reitsma, 2003, Muller, 2007, Mtibaa, 2007). La notion de multi-représentations est apparue dans le domaine des systèmes d'information géographique dans le but de gérer plusieurs représentations différentes d'un même objet géographique selon différents points de vue ou niveau de représentations (au sens d'échelle tel que défini précédemment : niveaux d'analyse). Cette nécessité de représentations multiples émane de la subjectivité de la perception (psycho-socio-cognitive) et de la diversité des intérêts identifiés, dépendant de contextes et temporalités, pendant la phase de modélisation. Après une phase préalable d'identification des utilisateurs et contextes, elle peut être gérée dans une ontologie par des vues et points de vue (Figure 3).

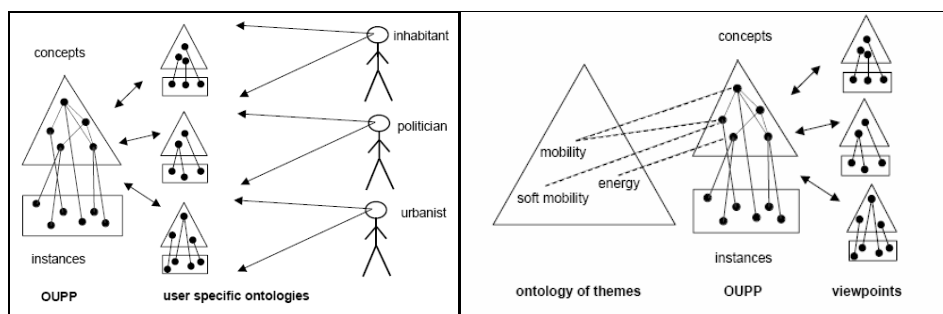


Figure 3 : Points de vue utilisateurs
Metral, 2007 p69

Si un domaine correspond à une unité thématique, un point de vue est lié à un type d'utilisateur ou d'utilisation (une même personne peut disposer de points de vue différents en fonction de la tâche à accomplir en fonction d'un contexte) Mtibaa, 2007, Metral, 2007. Ces derniers auteurs proposent une ontologie comme vues multi-utilisateurs pour des besoins multi-contextes. Un contexte pouvant être défini comme « *l'ensemble des conditions et influences environnantes qui font de la situation une situation unique et qui permettent de la comprendre* » (Brezillon, 2001).

En terme de méthodologie, outre les spécificités aperçues précédemment, il n'existe pas de démarche propre à la construction d'une géo-ontologie si ce n'est la distinction de deux entrées et deux niveaux d'analyse. Livet, 2007 différencie deux entrées pour une construction basée sur la structure ou sur le fonctionnement de l'objet géographique. En terme de niveaux d'analyse et de manière complémentaire, Fonseca, 2002 distingue des géo-ontologies de domaine phénoménologique (PDO), des ontologies de domaine d'application (ADO). Si les premières ont pour objectif de représenter par ordinateur les différentes dimensions et propriétés du phénomène géographique et en ce sens appartiennent à l'univers de la représentation, les ontologies d'application de domaine relèvent de l'univers logique et de la description du phénomène en lui-même. Il existe quelques travaux de géo-ontologie au sens thématique insistant sur des aspects méthodologiques qui ont été réalisés dans les domaines de l'hydrologie (Klien, 2005, Ceccaroni, 2001, Klien, 2005), de la gestion de zones littorales ou lacustre (Long-hua, 2007, Moore, 2001), en agriculture (Haverkort, 2006, Xie, 2008) ou pour des problématiques liées à l'urbain (Roussey, 2004, Laurini, 2007) ou encore aux transports (Lorenz, 2005).

4 Vers une géo-ontologie des Systèmes Energétiques Territoriaux (SET)

4.1 Domaine d'expertise du projet OPTTEER, observation et prospective des SET

En matière de suivi, de gestion et de prospective territoriale, l'instrumentation, et plus spécifiquement le développement de systèmes d'information et d'observatoires, apparaissent comme des atouts de taille pour la gestion des territoires (Moine, 2008, Prélaz-Droux, 1995, Joerin, 2005). L'observatoire instrumenté est ici considéré comme un dispositif mis en œuvre par un ou plusieurs organismes pour suivre l'évolution d'un phénomène, d'un domaine ou d'une portion de territoire dans le temps. Il se présente sous la forme d'applications informatiques dans lesquelles des données sont agrégées et restituées sous la forme synthétique de tableaux, cartes et indicateurs statistiques (Pornon, 2002).

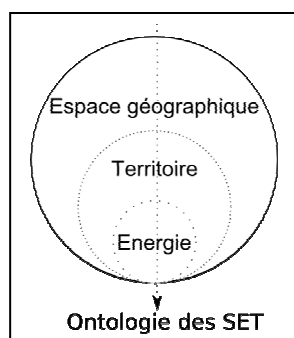
En ce sens, le projet d'Observation et Prospective Territoriale Energétique à Echelle Régionale (OPTTEER) vise la construction d'un observatoire, reposant entre autre sur une application informatique sous forme de base de données, accompagné de capacités d'analyse et de prospective. Cette application informatique, nécessite de structurer et de représenter un ensemble de données et de documents hétérogènes participant du domaine énergétique territorial. De fait, l'objet géographique sur lequel porte ce travail est le Système Energétique Territorial. Ce dernier est un concept pour une lecture systémique des territoires d'un point de vue énergétique. Il s'agit d'une entrée géographique et

de la considération d'un système complexe pour la prise en compte des spécificités du territoire tout au long de la chaîne énergétique² comprenant caractéristiques de l'espace et des acteurs: évaluations/distributions spatiales des ressources, des modes et infrastructures d'exploitations/transformations et de consommations, tout comme des jeux d'acteurs. Territoire et énergie sont en effet intimement liés, puisque si l'énergie conditionne le fonctionnement et les structures spatiales du territoire, ce dernier oriente aussi bien les recours aux types d'énergie que les attentes en matière énergétique.

Si nous avons retenu qu'une ontologie est une représentation formelle de concepts et de relations entre ces concepts, relative à un domaine, et qu'un domaine correspond à une unité thématique, la définition d'une ontologie apte à décrire les composantes et les relations de ce que nous appelons Système Energétique Territorial se heurte à un triple problème. En effet, nous ne tentons pas d'approcher un domaine au sens « ontologique » mais davantage un système complexe au sein duquel s'agrègent trois domaines, l'espace géographique, le territoire et l'énergie. Il existe ainsi une grande variété de concepts relatifs aux domaines que le SET relie, incluant des entités abstraites telle l'énergie, un déplacement domicile-travail, une consommation ou une filière, et des entités spécifiques comme du bois, un bâtiment, un bus ou un réseau de chaleur urbain. Dans ce contexte, la formalisation de ce système complexe via une ontologie contrainte par une entrée systémique ne peut se réduire à la définition d'un domaine.

4.2 Réutiliser des ontologies existantes

Au vu de notre problématique, il n'existe pas d'ontologie de domaine énergétique répondant à nos besoins en terme de lecture énergétique des territoires. Il convient sans doute alors de parvenir à une intégration et liaison d'ontologies existantes traversant les différentes dimensions de l'espace géographique, du territoire et de l'énergie considérées chacune comme un domaine (Figure 4).



Bien que l'on puisse considérer qu'une ontologie géographique soit une ontologie de domaine, il existe des ontologies de l'espace géographique de haut niveau, elles définissent des concepts tels le temps, l'espace, un agent social ou une entité physique (Bitters, 2005, Henriksson, 2008, Kokla, 2001).

Figure 4 : La transversalité des domaines d'une ontologie des SET.

Des ontologies d'application proposant un catalogue d'objets territoriaux ont aussi été définies par OrdnanceSurvey, 2001 ou Bitters, 2005, mais ne s'agit-il pas pour notre travail de dégager des classes, propriétés et processus ? Enfin, en matière énergétique, une structure d'accès à l'information énergétique reposant sur une ontologie a été construite par Ambite, 2002. Il créé ainsi un portail pour accéder à de l'information complexe partagée sur l'énergie. Pour ce faire, il utilise un constructeur de requête basé sur des ontologies génériques et de domaine, spécifique à la thématique énergétique (seule une partie relative au pétrole a été développée). Dam (Van), 2005 a quant à lui établi une ontologie spécifique du domaine énergétique, relative aux producteurs d'énergie.

4.3 Des besoins : analyser, structurer et communiquer pour simuler

L'objectif de ce travail, est de fournir un cadre géographique, spatial, temporel et sémantique pour une lecture énergétique des territoires. Cette dernière passe, dans le cadre instrumenté d'un observatoire, par la collection de données. Or ces données énergétiques, notamment, sont inexistantes ou très agrégées, sachant qu'un inventaire énergétique de données mesurées ne pourra être constitué que dans un temps long et n'est pas nécessairement pertinent au vu de notre problématique de lecture énergétique des territoires. Face à ce faux écueil, la nécessaire compréhension des variables territoriales en jeu dans les domaines touchant l'énergie peut alors être réalisée par le biais de données territoriales. Si l'accès à la consommation énergétique d'une famille ou d'un bâtiment se heurte à des

² La chaîne énergétique territoriale, composante de la structure du Système Energétique Territoriale, représente de manière générique les différentes formes d'énergies sous la forme de stocks et processus de transformation.

questions de coûts de récolte, de confidentialités, ou d'intérêts stratégiques, cette consommation peut être approchée par des données socio-économiques tel le profil de cette famille (nombre structure par age, CSP...) ou les caractéristiques de ce bâtiment (types d'espace d'implantation...). Il ne s'agit donc pas de données directement énergétiques, mais de données territoriales avec une entrée énergétique.

La construction d'une ontologie de domaine des Systèmes Energétiques Territoriaux vise différents buts. Si le premier objectif général affiché est une capitalisation des ressources, informations et connaissances, il cible la définition d'un vocabulaire conceptuel commun des connaissances du domaine via une ontologie. L'idée est de permettre à chacun des utilisateurs de bien comprendre la signification de chaque terme utilisé et ainsi, favoriser la communication entre acteurs de l'énergie grâce à une définition claire et significative de tous les concepts utilisés. Un deuxième objectif réside en une optimisation du référencement des ressources informationnelles qui décrivent les concepts ontologiques, notamment à des fins d'extractions de données. Enfin, si une ontologie permet une représentation statique des connaissances, des ambitions de prospective ont été définies pour l'observatoire conduisant à modéliser des processus dynamiques. Ce en quoi les ontologies peuvent aussi y contribuer en clarifiant les concepts, ou encore en identifiant les relations en fonction de l'échelle d'analyse.

4.4 Approche, méthode et formalisation d'une ontologie des SET

L'utilisation du paradigme orienté objet pour la conceptualisation du monde géographique a largement été discuté dans la littérature (Fonseca, 2002). Il consiste en une définition d'objets géographiques, de leurs attributs et de leurs relations et constitue en ce sens un premier niveau de structuration des connaissances. Dans cette approche, les individus en constituent les objets de base, et les classes, des ensembles, collections, ou types d'objets. Les individus et classes sont caractérisés par des attributs qui sont des propriétés, fonctionnalités, caractéristiques ou paramètres que les objets peuvent posséder et partager. Les relations lient les objets entre eux notamment grâce aux notions d'héritage ou de composition. Les langages utilisés pour la définition d'ontologie font appel à une approche orientée objet en changeant et étendant quelque peu le vocabulaire. Ainsi, une ontologie inclut des objets appelés instances (termes interchangeable) qui représentent une entité particulière de la réalité (par exemple un bâtiment d'habitation individuelle particulier), il s'agit de l'occurrence d'une certaine classe. Les classes sont une extension d'un concept, elles catégorisent des instances similaires par leur structure et comportement, et ces classes peuvent être généralisées en superclasses créant ainsi une taxonomie et hiérarchie de concepts par le biais de relation. Un écueil à éviter, lié à cette conception informatique orientée objet, est celui d'une logique d'emboîtement, qui ne conduirait qu'à une agrégation pour décrire le passage d'un niveau d'échelle à un autre, alors qu'une des volontés est l'adaptation de concepts à certains niveaux d'échelle. La définition de ces objets, « *c'est avant tout trouver les mots pour le dire* », relève de représentations, avec l'idée qu'une fois l'objet identifié, conçu et décrit, l'acte de modélisation est pratiquement réalisé, sans doute autant que dans la recherche d'algorithmes ou de procédures d'optimisation. Pachet, 2004 note et expose les limites de l'approche objet qui nous mène à croire que l'on représente les choses de manière générique, alors que toute activité de modélisation nous montre que les objets n'ont de sens, qu'en fonction d'un contexte et des représentations qu'il matérialise. Ce que Pachet appelle « *un réel ancré* », nous rappelant ainsi qu'un modèle n'est qu'une représentation du réel répondant à un objectif particulier.

Si la modélisation conceptuelle des bases de données profite d'une expérience reconnue dans le domaine de la modélisation du monde réel, la méthode de conception retenue pour la construction de notre ontologie est issue de cette spécialité informatique, et concerne le langage de modélisation UML. Ce dernier présente un grand intérêt dans notre contexte, notamment du point de vue communicationnel grâce à son caractère schématique qui ne dépend que de quelques règles simples. Mais en terme de formalisation, l'interprétation d'une ontologie par informatique (véhiculer la sémantique d'une donnée) est conditionnée par un haut niveau de formalisation de la structuration des connaissances. Si une représentation formelle est une structure de données qui décrit un concept ou une relation en se basant sur un langage, différents langages ont été développés spécialement pour la formalisation d'ontologies, parmi lesquels le Web Ontology Language, connu sous l'acronyme OWL (OWL, 2004). Grâce à la nature formelle de langage tel le OWL, basé sur la logique de description, des raisonnements reposant sur des inférences entre concepts peuvent être construits. De telles

inférences peuvent par exemple définir automatiquement à quelles classes une instance appartient. Ainsi, le langage OWL permet des mécanismes de partitionnement qui autorisent des classifications automatiques de population d'un type d'objet entre ses sous types, en fonction de prédicats (le prédicat *Personne.age>20* partitionne le type *personne* en deux sous types, *jeune* et *adulte*(Cullot, 2003)). Les raisonnements peuvent être utilisés pour différents objectifs dont la vérification de cohérence ou des requêtes sur l'ontologie. C'est ce niveau de formalisation que nous souhaitons atteindre.

Cependant, outre la structuration des connaissances et le partage d'informations, la modélisation de systèmes complexes, entre autre définie par le nombre élevé des relations causales non linéaires entre ses éléments, est confrontée à l'intégration des aspects dynamiques de ces systèmes. L'enjeu est alors de gérer un aspect statique qu'est la description de connaissances, et un autre dynamique. Deux voies sont alors envisageables considérant d'une part des simulations intégrées à l'ontologie, ou d'autre part l'ontologie comme véhicule sémantique pour des entrées/ sorties vers et à partir de modèles de simulation.

L'aspect dynamique des processus d'un système peut être intégré à une ontologie, on parle alors de simulation s'appuyant sur une ontologie (Ontology based simulation). Ainsi, Altmann in Beck, 2008 et Beck, 2007 proposent une représentation des équations, donc des variables et symboles utilisés pour la simulation du système représenté, au sein de l'ontologie. Les ontologies n'utilisent pas de méthode (au sens objet, de calcul) pour représenter des comportements ou processus, la représentation est uniquement basée sur des concepts et leurs relations. Les équations peuvent être stockées en tant que relations entre instances de classe pour des systèmes très éloignés de modèles forresteriens (Beck, 2008, Beck, 2007). Quelques expériences de simulations basées sur des ontologies ont été proposées par Jenvald, 2007 dans le champ de la géographie de la santé, comme aide à la décision pour les pandémie de grippe, par Muller, 2007 avec le projet MIMOSA qui vise le développement d'une plate-forme reposant sur le paradigme agent.

Dans notre cas, l'observatoire est susceptible d'abriter une liste évolutive de modèles de simulation et utiliserait une base de données comme source de données d'entrée pour ces modèles dans un format particulier souvent différent de celui de la donnée dans la base. Nous considérons donc l'hypothèse d'une ontologie comme véhicule sémantique pour des entrées/ sorties vers et à partir de modèles de simulation.

4.5 Des questions liant interrogations et visualisations

L'interrogation d'une ontologie diffère de l'interrogation d'une base de données traditionnelle. L'utilisateur qui souhaite accéder à des données en lien avec une instance, effectue des recherches exploratoires voire incrémentales pour parvenir à l'information. Il s'agit donc de visualisation et d'exploration d'une ontologie. L'interface de recherche d'information (accès ou extraction) au sein de l'observatoire pourrait reposer sur une représentation du Système Energétique Territorial à l'aide d'ontologies, elles-mêmes contraintes par des vues, fonctions d'un contexte et d'un niveau d'échelle. La proposition suivante suppose en terme de structure, le recours à une modélisation orientée objet aperçue précédemment.

De manière similaire aux travaux réalisés par Ambite, 2002 et Tricot, 2006 concernant des concepts et documents liés, il s'agirait pour nous de remplacer ces derniers par les objets du Système Energétique Territorial (éléments et processus) pour un niveau d'échelle et contexte donné. La consultation commence par la saisie d'un mot clef et de différents paramètres, tels l'échelle ou des temporalités, dans l'interface de requête (Figure 5). Le mot clef devient alors le centre de la projection d'une représentation de l'ontologie (Figure 6). Cette position autorise alors une navigation en parcourant les relations de généralisation/spécialisation entre entités, pour une exploration et/ou solution à la requête.

6 Références

- Ambite J., Arens Y., Bourne W. et al., 2002, *A Portal for Access to Complex Distributed Information about Energy*, in National Conference for Digital Government, Los Angeles, USA, May 2002, 8p.
- Batista F., Pardal J. P., Vaz P. et al., 2006, *Ontology construction: cooking domain*, Technical report, INESC-ID, Lisboa, 30p.
- Beck H. W., 2008, *Evolution of Database Designs for Knowledge Management in Agriculture and Natural Resources*, in Journal of Information Technology in Agriculture, Vol.1, pp. 26-46.
- Beck, H. W., Badal, R., Jung, Y., 2007, *Ontology-Based Simulation in Agriculture and Natural Resources*, in *Handbook of Dynamic System Modeling*, Chapman & Hall CRC Press (Pub.)- P. Fishwick (Ed.), p. 30-1 30-14.
- Bitters B., 2005, *The geographical ontology page*, Page académique de présentation du projet VOTT, University of West Florida's Department of Environmental Studies, en ligne le 03/11/2008, http://vissim.uwf.edu/VOTT/VOTT_desc.htm.
- Brezillon P., Pomerol J. C., 2001, *Some comments about knowledge and context*, Rapport de recherche 2001-022 LIP6, Université Paris 6, 14p.
- Camossi E., Bertolotto M., Bertino E. et al., 2003, *Issues on modeling spatial granularities*, in Conference on Spatial Information Theory: COSIT'03, Ittingen, Switzerland, 24-28 September 2003, 12p.
- Ceccaroni L., 2001, *ONTOWEDSS - An ontology based environmental decision support system for the management of wastewater treatment plant*, Thèse de Doctorat, Universitat Politecnica de Catalunya, Barcelona, 286p.
- Chaput B., Benayache A., Barry C. et al., 2004, *Une expérience de construction d'ontologie d'application pour indexer les ressources d'une formation en statistique*, in Actes des XXXVIèmes journées de statistiques, Montpellier, France, 24-28 Mai 2004, 6p.
- Chrisment C., Genova F., Hernandez N. et al., 2006, *D'un thesaurus vers une ontologie de domaine pour l'exploration d'un corpus*, in Actes de la conférence de Veille Stratégique Scientifique & Technologique (VSST) 2006, Lille, France, 16-17 Janvier 2006, 18p.
- Cullot N., Parent C., Spaccapietra S. et al., 2003, *Des ontologies pour données géographiques*, in Revue internationale de géomatique, numéro spécial "Les SIG sur le Web", Vol.13 No. 3, pp. 285-306.
- Dam (Van) K. H., 2005, *Distributed Energy Ontology*, Page présentant une ontologie construite durant un travail de Master, Site personnel, en ligne le 3/11/2008, www.koenvandam.com/energyontology/index.html.
- Fernandez-Lopez M., 1999, *Overview of methodologies for building ontologies*, in Proceedings of the IJCAI99 on ontologies and problem solving methods, Stockholm, Sweden, 2 August 1999, 13p.
- Fonseca F., Egenhofer M., Davis C. et al., 2002, *Semantic Granularity in Ontology-Driven Geographic Information Systems*, in AMAI Annals of Mathematics and Artificial Intelligence - Special Issue on Spatial and Temporal Granularity, Vol.36 Iss. 1-2, pp. 121-151.
- Gandon F., 2002, *Distributed artificial intelligence and knowledge management : Ontologies and multi-agent systems for a corporate semantic web*, Thèse de Doctorat, University of Nice and INRIA, 486p.
- Gangemi, A., Guarino, N., Masolo, C. et al., 2002, *Sweetening Ontologies with DOLCE*, in *Knowledge Engineering and Knowledge Management: Ontologies and the Semantic Web*, Springer Berlin-Heidelberg (Ed.), pp. 223-233.
- Gesbert N., 2005, *Étude de la formalisation des spécifications de bases de données géographiques en vue de leur intégration*, Thèse de Doctorat, Université de Marne la Vallée et IGN, 134p.
- Goodchild M. F., 2001, *Metrics of scale in remote sensing and gis*, in International journal of applied earth observation and geo-information, Vol.3 Iss. 2, pp. 114-120.
- Graca J., Mourao M., Anunciacao O. et al., 2005, *Ontology building process : the wine domain*, in Proceedings of the 3rd world congress of the European Federation for Information Technology in Agriculture, Food and Environment (EFITAWCCA2005), Vila Real, Portugal, 25-28 July 2005, 8p.
- Gruber T. R., 1993, *A Translation Approach to Portable Ontology Specifications*, Technical report KSL 92-71, Knowledge systems laboratory, Standford University, California, 27p.

Guarino N., 1998, *Formal Ontology and Information Systems*, in Proceedings of the international conference on Formal Ontology in Information Systems (FOIS), Trento, Italy, 6-8 June 1998, 13p.

Haverkort A. J., Top J. L., Verdenius F., 2006, *Organizing Data in Arable Farming: Towards an Ontology of Processing Potato*, in Potato Research, Vol.49, pp. 177-201.

Henriksson R., Kauppinen T., Hyvonen E., 2008, *Core Geographical Concepts: Case Finnish Geo-Ontology*, in Proceedings of the First International Workshop on Location and the Web (LocWeb 2008), Beijing, China, April 2008, 5p.

Ibrahim K., Sede-Marceau (De) M., 2005, *Modèle d'analyse locorégionale des systèmes énergétiques*, Communication au 7ème rencontres de Théo Quant janvier 2005 - Besançon, <http://thema.univ-fcomte.fr/theoq/pdf/2005/Ibrahim-theoquant05.pdf>.

Jenvald J., Morin M., Timpka T. et al., 2007, *Simulation as Decision Support in Pandemic Influenza Preparedness and Response*, in Proceedings of the International Conference on Information Systems for Crisis Response and Management (ISCRAM07), Delft, the Netherlands, 13-16 May 2007, 10p.

Joerin F., Nembrini A., Billeau S. et al., 2005, *Indicateurs spatialisés : un instrument de participation en aménagement du territoire*, in Revue internationale de géomatique, Vol.15 No. 1, pp. 33-61.

Klien E., Probst F., 2005, *Requirements for Geospatial Ontology Engineering*, in 8th Conference on Geographic Information Science (AGILE 2005), Estoril, Portugal, 24-29 July 2005, 9p.

Kokla M., Kavouras M., 2001, *Fusion of top-level and geographic domain ontologies based on context formation and complementarity*, in International of Geographical Science, Vol.15 Iss. 7, pp. 679-687.

Laurini R., 2007, *Pre-consensus Ontologies and Urban Databases*, in Studies in Computational Intelligence, Vol.61, pp. 27-36.

Livet P., Phan D., Sanders L., 2007, *Towards an ontological design for Simulation in social sciences*, in ABM-S4-ESHIA, La Londe Les Maures, France, 17-22 Septembre 2007, 19p.

Long-hua H., Junjie L., 2007, *Geo-information lake data service based on ontology*, in Data Science Journal, Vol.6 Supplement, pp. 884-888.

Lorenz B., Ohlbach H J, Yang L., 2005, *Ontology of transportation networks*, Research deliverables for REWERSE : reasoning on the web, University of Munich, Germany, 49p.

Magnin G., 2007, *Perspectives énergétiques de la France à l'horizon 2020-2050 : Point de vue d'Energie-Cités*, Point de vue, Energie Cités, en ligne le 11/01/2008, http://www.energie-cites.org/IMG/pdf/rapport_cas_opinion_energie_cites_oct_2007.pdf.

Mark M. D., Smith B., Tversky B., 1999, *Ontology and Geographic Objects: An Empirical Study of Cognitive Categorization*, in International Conference COSIT '99, Stade, Germany, 25-29 August 1999, 16p.

Marty R., 1999, *Quel est l'objet de la sémiotique ?*, Introduction à la sémiotique, Pages personnelles universitaires sur la sémiotique générale, en ligne le 3/11/2008, <http://robert.marty.perso.cegetel.net/semiotique/s003.htm>.

Metral C., Falquet G., Vonlanthen M., 2007, *An Ontology-based Model for Urban Planning Communication*, in Studies in Computational Intelligence, Vol.61, pp. 61-72.

Moine A., Sede (de) M. H., 2008, *L'observation : concept et implications*, in 6th annual conference of Territorial Intelligence (caENTI), Besançon, France, 15-18 Octobre 2008, 14p.

Montello, D. R., 2001, *Scale in geography*, in *International encyclopedia of the social & behavioral sciences*, N. J. Smelser & P. B. Baltes (Ed.), pp. 13501-13504.

Moore A., Jones A., Sims P. et al., 2001, *Integrated Coastal Zone Management's Holistic Agency: An Ontology of Geography and GeoComputation*, in The 13th Annual Colloquium of the Spatial Information Research Centre, University of Otago, Dunedin, New Zealand, 2-5 December 2001, 11p.

Mtibaa A., Jaziri W., 2007, *Ontologie de multi-représentation comme vue utilisateur pour la spécification des besoins multi-contexte*, in Journée francophone sur les ontologies 2007 (JFO07), Sousse, Tunisie, 18-20 Octobre 2007, 17p.

Muller J. P., 2007, *Mimosa: using ontologies for modeling and simulation*, in Proceedings of Informatik 2007, Bremeen, Germany, 25 September 2007, 3p.

OWL, 2004, *Web Ontology Language (OWL)*, Page de présentation du langage OWL, Web Ontology Working Group as part of the World Wide Web Consortium (W3C), en ligne le 3/11/2008, <http://www.w3.org/2004/OWL/>.

OrdnanceSurvey, 2001, *Real-world object catalogue*, OS MasterMap Catalogue, OrdnanceSurvey, 566p.

Pachet F., 2004, *Les nouveaux enjeux de la réification*, in *L'Objet*, Vol.10, pp. 33-60.

Parent C., Spaccapietra S., Zimanyi E. et al., 1998, *MADS, modèle conceptuel spatio-temporel*, in *Revue internationale de géomatique*, Vol.7 No. 3/4, pp. 317-352.

Poli R., 2002, *Ontological methodology*, in *International Journal of Human-Computer Studies*, Vol.56, pp. 639-664.

Pornon H., 2002, *Observer les territoires*, Présentation et définition des observatoires du territoire, Pages de l'universitaire et directeur du cabinet IETI consultant, en ligne le 3/11/2008, http://www.ieti.fr/xoops/modules/xoopsfaq/index.php?cat_id=3.

Prélaz-Droux R., 1995, *Système d'Information et Gestion du Territoire*, Coll. META - Presses Polytechniques et Universitaires Romandes (Ed.), 156p.

Prévost G., 2005, *Modélisation d'écosystèmes multi-niveaux par des approches mixtes*, Thèse de Doctorat, Université du Havre, France, 190p.

Pundt H., Bishr Y., 2002, *Domain ontologies for data sharing—an example from environmental monitoring using field GIS*, in *Computer and Geosciences*, Vol.28, pp. 95-102.

Reitsma F., Bittner T., 2003, *Scale in Object and Process Ontologies*, in COSIT 2003, spatial information theory : foundations of geographic information science, Kartause-Ittingen, Suisse, 24-28 September 2003, 18p.

Roussey C., Laurini R., Beaulieu C. et al., 2004, *Le projet Towntology*, in *Revue Internationale de Géomatique*, Vol.14, pp. 216-237.

Smith B., 2001, *Geographical categories: an ontological investigation*, in *International journal of geographical information science*, Vol.15 No. 7, pp. 591-612.

Smith B., 2004, *Beyond concepts: ontology as reality representation*, in *Proceedings of the International Conference on Formal Ontology and Information Systems FOIS 2004*, Turin, Italy, 4-6 November 2004, 12p.

Smith B., Mark D. M., 1998, *Ontology and geographic kinds*, in *Proceedings of the International Symposium on Spatial Data Handling*, Vancouver, Canada, 12-15 July 1998, 12p.

Smith B., Welty C., 2001, *Ontology : Towards a New Synthesis*, in *Proceedings of the international conference on Formal Ontology in Information Systems (FOIS)*, Ogunquit, Maine, USA, october 17-19 2001, 8p.

Tricot C., 2006, *Cartographie sémantique : des connaissances à la carte*, Thèse de Doctorat, Université de Savoie, 278p.

Uschold M., King M., 1995, *Towards a methodology for building ontologies*, in *Workshop published by the University of Edinburgh from the 1995 International Joint Conference on AI*, Montreal, Canada, 20-25 August 1995, 15p.

Vangenot C., 2001, *Représentation multiple dans les bases de données géographiques (n°2430)*, Thèse de Doctorat, École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Suisse,

Wang H., Li L., Song P., 2008, *Design of geo-ontology based on concept lattice*, in *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol.XXXVII Part B2, pp. 709-714.

Xie N., Wang W., Yang Y., 2008, *Ontology based agricultural knowledge acquisition and application*, in *Computer and Computing Technologies in Agriculture*, Vol.1, pp. 349-357.