



HAL
open science

Comparaison d'organisations spatiales agricoles - Le système ROSA

Jean-Luc Metzger, Sylvie Lardon, Florence Le Ber

► **To cite this version:**

Jean-Luc Metzger, Sylvie Lardon, Florence Le Ber. Comparaison d'organisations spatiales agricoles - Le système ROSA. *Revue Internationale de Géomatique*, 2006, 16 (2), pp.195-210. hal-00087228

HAL Id: hal-00087228

<https://hal.science/hal-00087228v1>

Submitted on 1 Jun 2007

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.

Comparaison d'organisations spatiales agricoles

Le système ROSA *

Jean-Luc Metzger¹, Sylvie Lardon², Florence Le Ber^{1,3}

¹ LORIA UMR 7503, Campus scientifique, BP 239,
F-54506 Vandœuvre-lès-Nancy cedex

² UMR Métafort, INRA & ENGREF POP'TER, Domaine universitaire
des Cézéaux, 24 avenue des Landais, BP 90054, F-63 171 Aubière cedex 9

³ CEVH, UMR MA 101, ENGEES, 1 quai Koch, F-67000 Strasbourg
jean-luc.metzger@inpl-nancy.fr, lardon@engref.fr, fleber@engees.u-strasbg.fr

Résumé. Cet article présente une utilisation du modèle du raisonnement à partir de cas sur les organisations spatiales agricoles et leurs modalités de fonctionnement. Les données observées sont modélisées par des graphes d'organisation spatiale (GOS), qui peuvent être saisis en machine et comparés automatiquement. Des explications fonctionnelles sont associées aux GOS pour constituer une base de cas. Ainsi, en fonction des similitudes entre graphes, on peut proposer et adapter des explications pour de nouveaux GOS. Le système ROSA, encore en développement, a été utilisé pour évaluer le calcul de similarité et les explications proposées. La démarche mise en œuvre en interdisciplinarité permet de tirer de premiers enseignements sur les connaissances formalisées et les raisonnements menés sur les organisations spatiales agricoles.

Mots-clés. raisonnement à partir de cas, graphe, chorème, structures spatiales.

Abstract. This article describes the use of a case-based reasoning approach on spatial organization of farms and their management. Spatial organization graphs (SOG) model observed data. They can be recorded within a computer device and automatically compared. Functioning explanations are associated to SOG and are organized within a case base. Thus, according to graph similarity, explanations can be proposed and adapted to new SOG. The ROSA system, still in progress, has been used to evaluate the similarity calculation and the proposed explanations. The inter-disciplinarity framework of this study allows to draw first lessons on knowledge formalization and reasoning on spatial organization of farms.

Key-words. case-based reasoning, graph, choreme, spatial structures.

1 Introduction

Les territoires ruraux se recomposent sous l'effet de nouvelles dynamiques socio-économiques. L'agriculture doit maintenir ses objectifs de production tout en répondant à des exigences environnementales. Il importe aux agronomes de comprendre comment les exploitants agricoles organisent leur territoire pour s'adapter à ces transformations [3].

Nous cherchons à construire un référentiel des pratiques d'organisation du territoire mises en œuvre dans des exploitations agricoles et à généraliser la connaissance des agronomes sur un espace plus étendu. Nous nous appuyons sur des exploitations agricoles de la région des Grands Causses, soumises à des problèmes d'embroussaillement [5]. L'analyse de l'organisation spatiale et

*Article paru dans la *Revue Internationale de Géomatique*, volume 16, numéro 2, pp. 195-210, 2006.

fonctionnelle d'exploitations d'élevage ovin extensif est menée sur le Causse Méjan [13] et le Causse de Sauveterre [14].

Nous avons proposé de développer un système de raisonnement à partir de cas (RàPC) permettant d'utiliser les connaissances acquises sur des exploitations agricoles, pour proposer une explication fonctionnelle pour une nouvelle exploitation, sur la base de son organisation spatiale [20]. L'outil ROSA permet de ainsi de comparer des organisations spatiales agricoles. Il repose sur la modélisation des organisations spatiales sous forme de chorèmes et de graphes expliqués [17, 12]. La comparaison des organisations spatiales s'effectue par un calcul de similarité entre graphes et permet de proposer des explications fonctionnelles à des organisations observées. Dans cet article, nous utilisons cet outil informatique construit à l'usage des agronomes pour évaluer la qualité des explications proposées.

Tout d'abord, nous rappelons succinctement le principe de raisonnement à partir de cas et son utilisation pour modéliser des organisations spatiales agricoles (2). Puis nous décrivons les fonctionnalités de saisie et de traitement de l'outil ROSA (3). Un exemple complet d'analyse d'une nouvelle exploitation est ensuite déroulé (4). Avant de conclure, nous récapitulons les apports de cette démarche et les perspectives d'utilisation de l'outil et des concepts mobilisés (5).

2 Développement d'un système de RàPC

Le raisonnement à partir de cas utilise les solutions de problèmes déjà résolus pour résoudre de nouveaux problèmes. Appliqué à l'analyse des organisations spatiales agricoles, il s'agit de trouver les explications fonctionnelles correspondant aux organisations spatiales observées. Ces connaissances sont représentées par les agronomes sous forme de chorèmes et traduites par les informaticiens en graphes expliqués. Une hiérarchie du domaine, entités agronomiques et relations spatio-fonctionnelles, est élaborée conjointement. Ce formalisme permet de comparer des organisations spatiales agricoles.

2.1 Le principe du RàPC

Le raisonnement à partir de cas se conçoit classiquement autour de la notion de problème et de solution au problème [1]. Un cas est constitué d'un problème et de sa solution et est enregistré dans une base de cas. Le principe du RàPC est le suivant : pour résoudre un problème *cible* on recherche un problème *source* déjà résolu, qui ressemble à *cible*, puis on adapte la solution de *source* en fonction des écarts constatés entre les problèmes (figure 1). Plus précisément, le RàPC s'articule autour de trois opérations principales : la remémoration, l'adaptation et la mémorisation. Le but de la remémoration est de trouver dans la base de cas un problème *source* considéré comme similaire au problème *cible*. L'adaptation utilise le problème remémoré *source* et sa solution $Sol(source)$ pour construire une solution $Sol(cible)$ du problème *cible*. Si le nouveau cas (*cible*, $Sol(cible)$) est jugé intéressant, il peut être enregistré dans la base de cas.

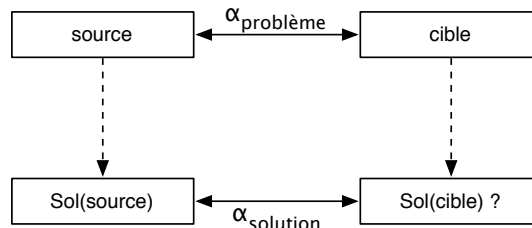


FIG. 1 – Le principe du Rapc. Ce schéma peut se lire : sachant que $Sol(cible)$ est à $Sol(source)$ ce que *cible* est à *source*, quelle valeur proposer pour $Sol(cible)$ étant donné *source*, $Sol(source)$ et *cible*? [18]

La similarité entre deux cas est évaluée en fonction des connaissances du domaine et des possibilités d'adaptation de la solution du cas source au problème cible. Nous nous référons ici à une

représentation hiérarchique des connaissances du domaine et de la base de cas [18, 19]. Le problème cible est classé dans la hiérarchie des cas et de leurs index. Le parcours de la hiérarchie entre le problème cible, les index et le cas source remémoré détermine un *chemin de similarité* utilisé pour adapter la solution de source à cible. Plus formellement, le chemin de similarité entre le problème source et le problème cible obtenu lors de la remémoration se décrit par la formule suivante :

$$source \sqsubseteq idx(source) \sqsupseteq cible$$

alors que le chemin suivi pour la construction de la solution de cible peut être exprimé ainsi :

$$sol(source) \sqsubseteq sol(idx(source)) \sqsupseteq sol(cible)$$

2.2 Les graphes d'organisation spatiale

Les organisations spatiales, définissant les problèmes, sont modélisées sous la forme de Graphes d'Organisation Spatiales (GOS) tel que celui présenté figure 2. Un GOS est un graphe bipartite constitué de sommets entités *s-entités* (représentées par des rectangles) et de sommets relations *s-relation* (représentées par des ellipses) étiquetés respectivement par des concepts de type RÉGION et de type RELATION. Les arcs sont étiquetés par le rôle que joue l'entité dans la relation.

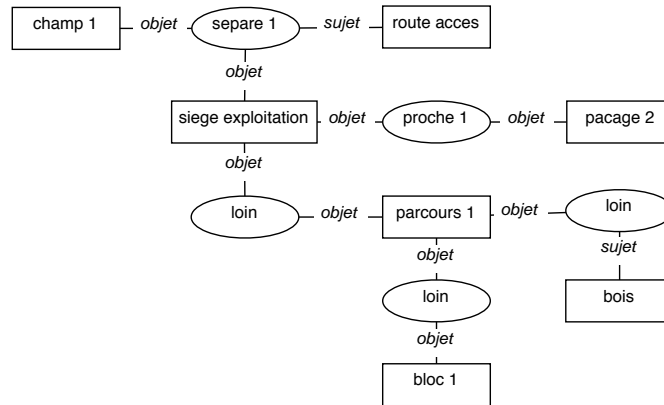


FIG. 2 – Graphe d'organisation spatiale (GOS) d'une exploitation que l'on cherche à analyser

Les sommets entités correspondent aux objets spatiaux (parcelles, chemins, points d'eau...) qui ont du sens pour le fonctionnement des exploitations agricoles. Les sommets relations définissent les positions relatives des entités entre elles et la spécificité des arrangements créés. L'ensemble est représenté et caractérisé par les agronomes dans des modèles graphiques, appelés chorèmes d'exploitation [11] tel que celui présenté figure 3.

La hiérarchie des entités est spécifique à la région d'étude. La hiérarchie des relations est fondée sur la propriété de connexité étudiée dans le cadre de la théorie RCC8 [23]. Les relations binaires définies dans cette théorie ont été spécialisées avec les termes utilisés par les agronomes et étendues aux relations ternaires.

L'analyse des chorèmes par les agronomes les mène à identifier des pratiques d'organisation du territoire [22] qui sont mises en relation avec les structures spatiales observées. Ainsi, des explications de fonctionnement sont associées à des parties de GOS d'exploitation. Un sous-graphe et son explication associée, dénoté GOS-E, constitue un cas, *i.e.* un élément de connaissance qui sert de référence pour l'analyse de nouvelles exploitations.

2.3 La comparaison de graphes

Les exploitations dont l'organisation spatiale et son interprétation fonctionnelle sont connues, constituent les cas *sources*. Il s'agit, à partir d'une nouvelle exploitation dont on ne connaît que peu d'informations, mais en particulier sa structure spatiale, qui constitue le problème *cible*, de proposer des explications fonctionnelles, qui constitueront la solution de *cible*.

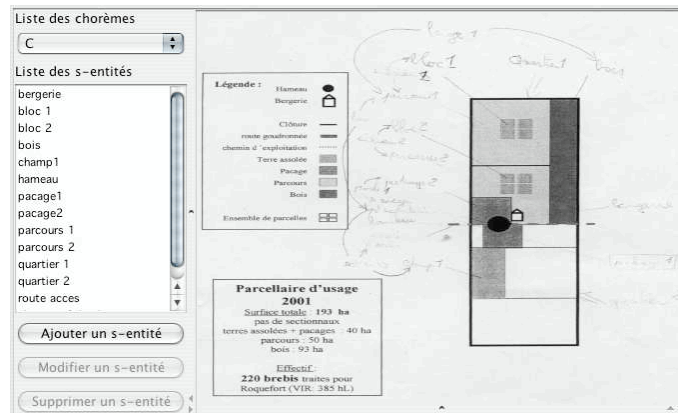


FIG. 3 – Le chorème d’exploitation correspondant au GOS de la figure 2

Etant donné un GOS cible à expliquer, la remémoration consiste à retrouver des GOS source de la base de cas pouvant fournir une explication pour cible. Cette remémoration consiste à classer un GOS cible par rapport à la base de cas, en s’appuyant sur les hiérarchies de concepts RÉGION et RELATION étiquetant les sommets des GOS, comme proposé dans [19]. Deux types de classification ont été développés dans le système. La première est une classification dite « dure » et correspond à la recherche dans le graphe cible d’un sous-graphe isomorphe au graphe source considéré dont tous les sommets sont étiquetés avec des concepts identiques ou plus spécifiques aux sommets correspondant du graphe source. La deuxième classification s’inspire de la classification élastique proposée par Lieber [18]. Cette classification consiste à modifier légèrement les graphes pour les rendre isomorphes. Nous avons implanté une classification « semi-élastique » où l’on ne considère que la transformation des concepts des sommets sans modifier la structure des graphes [20]. Nous utilisons une construction à la volée de graphes index plus généraux que les sources, qui permettent de remémorer plus de cas. Le calcul de similarité entre les sommets des graphes cible et source s’effectue sur la base de la hiérarchie des concepts à l’aide d’une formule proposée dans [7].

L’adaptation, quant à elle, consiste à transformer l’explication d’un cas source remémoré en fonction des opérations effectuées sur le GOS source pour le rendre comparable au GOS cible. La liste des opérations appliquées aux GOS source et cible décrit un chemin de similarité [18, 19] qui peut être utilisé en retour pour adapter l’explication du cas source au GOS cible et construire ainsi une nouvelle explication. Le travail de formalisation des règles d’adaptation est en cours. Actuellement, le système se limite à la recopie de l’explication associée au graphe remémoré source, accompagnée du chemin de similarité menant de source à cible. Plusieurs graphes sources et plusieurs explications peuvent être proposés à l’utilisateur pour être analysés, rejetés ou validés.

3 Le système rosa

Cette démarche de raisonnement à partir de cas est implantée dans le système ROSA. Celui-ci assure la saisie et la comparaison des graphes d’organisation spatiale. Le prototype actuel est testé sur ses capacités à proposer des explications fonctionnelles plausibles pour de nouveaux cas d’exploitations saisies.

3.1 Présentation de rosa

Le système de Raisonnement sur les Organisations Spatiales Agricoles (ROSA) a pour but de comparer des organisations spatiales agricoles et de proposer des interprétations fonctionnelles à l’aide d’explications. Il se compose d’une base de connaissance et d’une base de cas, gérées à l’aide d’une interface qui fait le lien avec le module de raisonnement. Le raisonneur en Logique de Description, le système Racer [9], permet les raisonnements de classification de ROSA et est piloté par le module de RÀPC (figure 4).

L’outil doit répondre à différentes fonctionnalités (voir aussi [12]) :

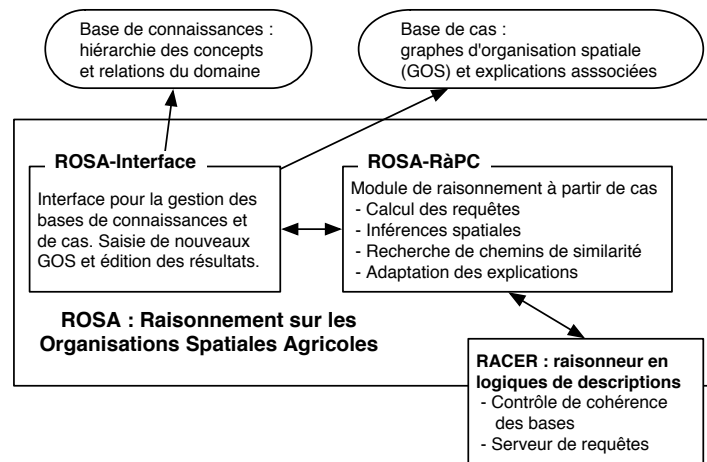


FIG. 4 – Architecture du système de Raisonnement sur les Organisations Spatiales Agricoles (ROSA)

1. la constitution d'une base de données des cas connus, par saisie des graphes et de leurs explications ;
2. la saisie d'une nouvelle exploitation, c'est-à-dire du graphe d'exploitation ;
3. le traitement des graphes en lui-même, qui consiste à comparer des sous-graphes et à calculer leur similarité ;
4. la proposition d'explications, sur la base de la ressemblance avec les cas déjà connus ;
5. la sauvegarde de nouveaux cas, si de nouvelles explications sont proposées par l'utilisateur.

Dans l'état actuel, le prototype réalise en partie les trois premières fonctionnalités. Il n'y a pas de saisie automatique des graphes à partir des chorèmes, ni d'utilitaire de visualisation des résultats ergonomique pour l'utilisateur non informaticien.

3.2 La saisie dans ROSA

La saisie d'un GOS se fait normalement sur la base d'un chorème d'exploitation analysé par l'expert agronome chargé de l'enregistrer. Pour garder une trace du dessin, celui-ci peut être digitalisé et affiché en regard des informations rentrées dans le système.

Les graphes sont saisis en deux étapes. La première consiste à identifier l'ensemble des entités constitutives du chorème à partir de l'écran comme sur la partie gauche de la figure 3. Chaque entité spatiale correspond à un sommet *s*-entité de type RÉGION : un nom est affecté à l'instance et son type est choisi dans la hiérarchie des concepts d'entités. Des propriétés peuvent être ajoutées pour préciser les caractéristiques et par là même, le type de l'instance. Par exemple, pour déclarer qu'un parcours est clôturé, on définit l'instance *parc* avec le type PARCOURS et la propriété CLÔTURÉ.

La seconde étape consiste en la création du graphe proprement dit en identifiant les relations entre les entités. De la même façon que pour les entités, les relations sont réifiées et typées. Des propriétés peuvent aussi être ajoutées pour en préciser les caractéristiques. Les arcs sont ajoutés en sélectionnant les *s*-entités mises en relation. Ils sont étiquetés avec le rôle du *s*-entité dans la relation.

Pour saisir un cas, il faut encore saisir les explications, en sélectionnant les sommets *s*-relations constitutives du sous-graphe considéré et en enregistrant l'explication dans la partie solution du cas. Pour une nouvelle exploitation, seul le graphe est saisi.

3.3 L'utilisation de ROSA

Au-delà de la saisie et de la visualisation des résultats, l'outil ROSA permet deux types d'utilisation avec les agronomes. La première consiste à formaliser les cas des exploitations connues. La seconde à tester la validité des explications fournies pour de nouvelles exploitations.

Nous avons pu utiliser le système au cours de plusieurs expériences. Une première expérience a permis de saisir des graphes d'organisations spatiales pour diverses exploitations avec la définition des premiers cas de la base de cas. Nous avons principalement mobilisé des connaissances sur cinq exploitations du Causse Méjan qui ont mené à la description d'une trentaine de cas sur cette région. Ces premiers cas ont servi de base pour l'exploration du RÀPC avec notre application.

La formalisation a principalement porté sur l'affectation des surfaces et la circulation des animaux, pratiques à même de maîtriser les dynamiques d'embroussaillage. Il s'agit de gérer la distance (relations proche/loin), les obstacles au déplacement (relations traverse, sépare) ou les risques liés au voisinage en particulier de diffusion des ligneux (longe, entoure). La gestion des troupeaux (attrait, qualité) et gestion du travail (surveillance, temps de travail) ont une expression spatiale indirecte [8].

Une autre expérience a permis de tester sur des exploitations du Causse de Sauveterre la remémoration et les problèmes liés aux deux modes de calcul de similarité implantés. Les enquêtes en exploitation ont été moins approfondies mais la zone d'étude est suffisamment similaire au Causse Méjan pour que les agronomes puissent comparer les exploitations.

Nous avons donc testé si l'outil proposait des explications plausibles pour les nouvelles exploitations du Causse de Sauveterre, en introduisant seulement le graphe d'exploitation et en analysant les explications proposées ou non par l'outil, sur la base des cas du Causse Méjan. Nous présentons ci-après cette analyse.

4 Analyse des explications fonctionnelles d'organisations spatiales

Le graphe d'une nouvelle exploitation a été saisi dans ROSA et le raisonnement à partir de cas a été activé. Nous présentons ici les différentes explications proposées ou non par le logiciel et nous commentons les résultats obtenus, au vu des connaissances agronomiques. Nous en tirons quelques conséquences pour la formalisation des organisations spatiales et la comparaison des graphes.

4.1 Test d'une nouvelle exploitation

Pour tester le module de RÀPC développé dans notre système, nous étudions la nouvelle exploitation, dont le chorème est présenté figure 3. C'est une exploitation ovin-lait du Causse de Sauveterre assez compacte. Seuls, un pacage pour les agnelles et un champ sont de l'autre côté de la route par rapport au siège de l'exploitation, tout en étant proches. Deux grands parcours incluant des blocs de champs et longés par un bois sont disposés en contiguïté à partir du siège de l'exploitation.

Le graphe sommaire présenté figure 2 a été saisi, et a servi de cible pour la remémoration. Ce graphe décrit partiellement le chorème. Un champ se trouve être difficile d'accès car une route le sépare du siège d'exploitation, ce qui demande une attention particulière pour y mener le troupeau. Deux pacages (parcours clôturé) sont placés autour du siège d'exploitation. Un seul pacage est considéré dans le graphe saisi pour des raisons de simplification. Enfin deux parcours, dont un lointain du siège sont longés par un bois et contiennent des blocs de cultures au milieu des zones en herbe. Un seul des deux parcours est considéré dans le graphe. C'est le parcours le plus lointain qui pose le plus de problèmes vis-à-vis de l'embroussaillage et qui est le plus intéressant du point de vue de la pratique de conduite du troupeau.

Nous recherchons donc les modalités de fonctionnement les plus vraisemblables liées à ce graphe à l'aide du système ROSA. Une première classification « dure » du graphe cible sur les cas de la base de cas fait ressortir le cas existant dans une majorité d'exploitations : le pacage proche du siège sert à la surveillance des animaux classiquement les plus importants pour l'exploitation à savoir généralement des animaux à forts besoins. Le cas remémoré selon cette classification est validé par les agronomes, mais l'on voudrait en trouver d'autres pour expliquer les autres parties du graphe cible. Dans un deuxième temps, nous avons appliqué une remémoration sur la base de la classification dite « semi-élastique ».

Nous avons obtenu six appariements entre les cas sources et le GOS de la figure 2 avec un seuil de similarité entre deux concepts supérieur ou égal à 0,6. Cette distance vaut 1 pour des concepts

identiques et 0 lorsque le concept commun est la racine de la hiérarchie. Plusieurs tests sur la base de cas avec les hiérarchies de concepts enregistrées ont permis de définir comme valeur acceptable la limite de 0,6; les concepts sont alors assez proches dans la hiérarchie pour être comparés.

4.2 Analyse des explications

Nous avons retrouvé le même appariement que dans le cas de la classification dure avec une similitude de 1. Cinq nouveaux cas sources ont été remémorés avec des distance de similarité comprises entre $s=0,79$ et $s=0,93$. Ils ne sont pas tous retenus par les agronomes. Par contre, il y a au moins deux autres cas que nous aurions aimé retrouver, par analogie avec les exploitations connues.

4.2.1 Des cas correctement remémorés

Les cas cible 2 et cible 4 sont considérés comme acceptables. Pour le cas cible 2 (figure 5), l'explication du source : « Le nougat¹ séparé par la route est utilisé quand l'exploitant a le temps de déplacer le troupeau de l'autre côté de la route » peut être recopiée en partie, dans la mesure où on assimile *champ 1* à *nougat* et *route accès* à *route principale*. En effet, les deux cas cible et source expriment une difficulté pour le déplacement du troupeau et nécessitent dans les deux cas la présence de l'agriculteur pour le déplacement du troupeau afin d'utiliser les parcelles.

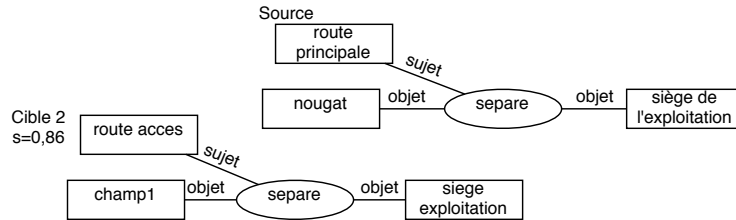


FIG. 5 – La présence de l'agriculteur est nécessaire pour conduire le troupeau vers le champ, du fait de l'obstacle de la route

Pour le cas cible 4 (figure 6), l'explication source est : « Les lots d'animaux à forts besoins au printemps utilisent les surfaces en herbes du bloc² nougat qui sont fertilisées (ressources), clôturées (sans garde) et proches de la bergerie (déplacements limités) ». Cette explication est acceptée pour la notion d'animaux à forts besoins en remplaçant le « bloc nougat » de la source par le « pacage 2 » dans la cible et la bergerie par le siège d'exploitation. Cet appariement est valide, parce que très souvent, les bergeries sont proches des sièges d'exploitation. Par ailleurs, les pacages étant des parcours de qualité, ils peuvent être assimilés à des blocs de nougat.

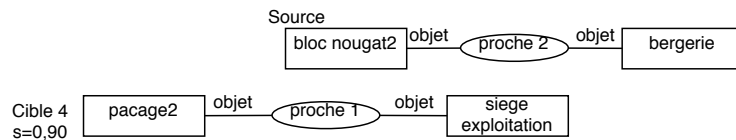


FIG. 6 – La proximité du pacage rend son utilisation adaptée aux animaux à forts besoins, en l'occurrence ici, la mise à l'herbe du troupeau laitier

4.2.2 Cas remémorés dont l'explication est très différente

Pour le cas cible 1 (figure 7), la relation « intérieur » a été (mal) appariée à « entoure », concept inverse dans la hiérarchie. D'autre part, l'entité « bois spontané » ne peut être assimilée à l'entité

¹Nous avons appelé « nougat » un parcours à l'intérieur duquel se trouvent un ou plusieurs champs, fournissant une alimentation plus riche qu'un simple parcours et pouvant être rapproché de la qualité d'un champ (voir [16]).

²Nous avons appelé « bloc » un ensemble de parcelles relevant de la même structure et de la même fonctionnalité, ici bloc de nougat pour l'attrait alimentaire du troupeau.

« bloc (de champ) » et l'explication qui est : « La présence de bois spontané autour des parcs induit un risque de diffusion de ligneux dans les parcs » ne convient pas. L'explication attendue ici correspond à une attraction exercée par le bloc 1 pour que les brebis pâturent le parcours 1. De tels cas existent dans la base de cas, mais dans des structures spatiales plus complexes que celles évoquées ici, raison pour laquelle elles n'ont pas été remémorées.

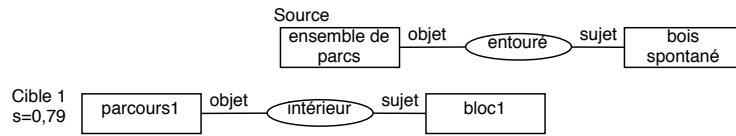


FIG. 7 – La différence sémantique pour les entités et les relations est grande alors que les concepts sont proches dans les hiérarchies

4.2.3 Cas non remémorés dont l'explication existe

Ce problème est le complémentaire du précédent. Des appariements ne sont pas proposés alors que pour certains cas on aurait voulu qu'ils ressortent. Par exemple, à partir du cas 1, on pourrait proposer deux autres appariements.

D'une part, pour expliquer le cas cible 1, on rechercherait un cas source équivalent. Ainsi, figure 8, lorsqu'un champ (ici un bloc) se trouve au milieu d'un parcours, il joue un rôle d'attracteur pour les brebis. Selon ce point de vue d'attrait, un point d'eau situé au milieu d'un parcours a le même rôle. Pourtant, un point d'eau et un champ sont deux concepts non comparables dans notre hiérarchie qui représente le point de vue d'occupation du sol.

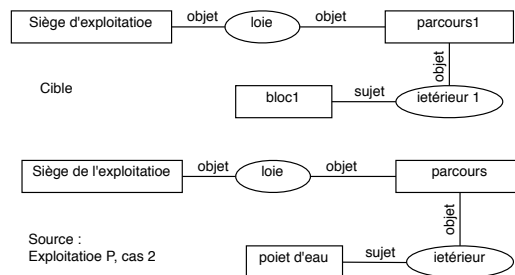


FIG. 8 – Exemple de cas que l'on aurait souhaité retrouver. Les concepts POINT D'EAU et BLOC DE CÉRÉALE ne sont pas comparables au sens de la hiérarchie d'occupation du sol

Par ailleurs, le cas source proposé pourrait lui-même être mis en relation avec un autre sous-graphe concernant boisement et pâturage, par analogie entre la relation *longe* et la relation *entoure* (figure 9). L'explication proposée pourrait être « La présence de bois longeant des parcours induit un risque de diffusion de ligneux dans les parcours ». Il se trouve ici que les pratiques de l'éleveur, tant relatives à la gestion de la forêt productive qu'au mode d'utilisation des parcours (en jouant sur l'attrait des champs inclus dans les parcours pour répartir la pression de pâturage sur l'ensemble de la surface), auraient amenés les agronomes à refuser l'explication.

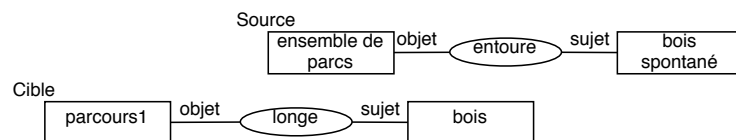


FIG. 9 – Exemple de cas que l'on aurait pu retrouver, en appariant les relations *entoure* et *longe*

4.3 Retour sur la modélisation des organisations spatiales

Ce premier test du raisonnement à partir de cas de l'outil ROSA met en évidence deux grands types de difficultés. L'une est liée aux hiérarchies constituées, qu'elles soient relatives aux entités ou aux relations, que l'on aimerait pouvoir modifier pour les adapter. L'autre est plus complexe et renvoie à une acquisition de connaissances plus itérative et interactive, permettant de profiter des apprentissages.

La remise en cause de la hiérarchie des entités spatiales peut être levée par la formalisation de la notion de points de vue. En effet, la hiérarchie constituée répond principalement à des questions d'occupation du sol. On pourrait envisager d'autres points de vue, tels que l'attrait pour les animaux ou la facilité de travail pour l'exploitant. Aussi, nous proposons de garder la hiérarchie d'occupation du sol d'une façon générale et pour des points de vue particuliers, attachés au cas décrit, s'appuyer sur des listes de concepts considérés comme étant proches en court-circuitant en quelque sorte la hiérarchie de départ.

La hiérarchie des relations spatiales est plus difficile à remettre en cause, puisqu'elle s'appuie sur les relations topologiques bien formalisées, à partir desquelles les relations spatio-fonctionnelles ont été définies. Deux situations peuvent se présenter. On voudrait ne pas reconnaître des relations peu distantes dans la hiérarchie, mais très différentes sémantiquement (exemple près/loin, relie/iso...). On pourrait alors rajouter ces contraintes sur la hiérarchie. Dans une autre situation, on aimerait rapprocher des relations iso-fonctionnelles éloignées dans la hiérarchie, mais qui pourrait avoir un sens proche en termes de gestion (exemple : traverse et sépare, longe et entoure...). Une solution tient dans l'implantation de règles d'inférence permettant de passer d'une relation à une autre sur la base de leurs propriétés fonctionnelles. Mais cela demande un effort important de formalisation de ces inférences.

Nous avons mis en évidence des cas où le rapprochement des entités et des relations spatiales était remis en cause par le fait même que des informations complémentaires modifiaient le sens qu'on pouvait leur donner et par là, l'explication la plus adéquate (voir le cas 1 et les cas non remémorés afférents). On pourrait penser à construire des index qui permettraient de hiérarchiser la comparaison des graphes. Se posent alors plusieurs questions. Faut-il assimiler d'abord les relations ou d'abord les entités? Doit-on rechercher d'abord les structures les plus simples ou les plus complexes? Peut-on rechercher d'abord des cas types ou ce qui fait la spécificité des configurations? Là aussi, il convient d'approfondir l'analyse pour ne pas résoudre le problème au cas par cas! Il semble cependant que la notion d'index permettrait également de prendre en compte le contexte (niveau d'organisation de l'exploitation ou du village, spécificité d'une région...) et les connaissances déjà accumulées.

5 Apports du système et perspectives d'utilisation

Les apports et les limites de la démarche ont bien été mis en évidence par cette expérimentation. Ils concernent les possibilités de généralisation de la démarche et des relations spatiales, la modélisation et son niveau de granularité, l'interdisciplinarité et l'interactivité de la démarche.

L'utilisation de ROSA pour analyser une exploitation du Causse du Sauveterre en comparaison avec des exploitations du Causse Méjan nous montre que nombre de connaissances acquises sur une zone sont transposables dans une autre, sous réserve que les logiques de fonctionnement des exploitations soient semblables. Ce premier niveau de généralité répond à l'objectif d'étendre la connaissance des agronomes à de plus vastes étendues. Pour ce qui concerne l'adaptation à d'autres régions, deux apports sont généralisables. D'une part, la démarche en elle-même est reproductible. Il s'agit de construire un référentiel structure spatiale-fonctionnement sur un ensemble d'exploitations diversifiées représentatives de la région. Puis, par des enquêtes rapides d'aborder les exploitations agricoles dans leur structure spatiale pour en inférer les modalités de fonctionnement. Ces explications fonctionnelles doivent être validées sur le terrain. Elles permettent cependant de cibler rapidement les questionnements à approfondir. D'autre part, ce qui fait la richesse de cette démarche d'analyse du fonctionnement des exploitations tient dans l'étude des relations spatio-fonctionnelles que nous avons définies comme une spécialisation des relations topologiques. La comparaison avec des exploitations de polyculture-élevage en Lorraine, soumises à des contraintes de protection de la qualité des eaux [6], montre qu'au-delà des différences dans les occupations du

sol et dans les seuils des paramètres, les mêmes types de modalités de gestion de la distance, des obstacles et des risques liés au voisinage sont mis en œuvre. L’approfondissement de ces relations spatio-fonctionnelles est une piste à poursuivre.

L’intérêt de la modélisation sous forme de chorèmes et des graphes des organisations spatiales n’est pas démenti. Avec les chorèmes, les agronomes disposent d’un outil de représentation du territoire, qui, par ses propriétés graphiques, permet une visualisation et une compréhension intuitive de l’ensemble des objets constituant le territoire d’une exploitation agricole et aussi de son environnement. Avec les graphes, les informaticiens explicitent le contenu du chorème et le rendent manipulable en machine. Se pose alors le problème de la gestion des connaissances entrées dans le graphe. Le niveau de détail peut être important. La densité des informations manipulées avec le graphe peut rendre le temps de calcul pour les appariements démesurés. Très rapidement, on peut atteindre un phénomène de sur-apprentissage des connaissances sur l’exploitation décrite et rendre peu visibles les grandes tendances de sa gestion au profit de remarques de détail. La limite dans le niveau de détail représenté est fonction du sens que l’information a pour les utilisateurs. La traduction des chorèmes en graphes et la reproduction du raisonnement spatial de l’agronome par le raisonnement à partir de cas valident la démarche de modélisation spatiale, parce qu’elle en explicite les fondements [10].

Par le travail en interdisciplinarité, chorèmes et graphes ont évolué. Les chorèmes ont gagné en expressivité par l’adoption de règles de représentation. De même, les graphes se sont stabilisés et les hiérarchies de connaissances ont évolué pour mieux répondre aux besoins de représentation. L’expérience d’acquisition de connaissances sur les exploitations du Sauveterre a permis de stabiliser les symbolisations graphiques. Des agronomes d’horizons différents ont, à cette occasion, trouvé des symboliques graphiques qu’ils ont formalisés et qui leur permet de parler un même langage autour des chorèmes. Une confrontation de points de vue disciplinaires différents, entre agronomes et informaticiens, mais aussi avec des cognitiens pour avoir une analyse réflexive sur les productions collectives, s’avère ici tout à fait pertinente [15]. C’est au prix d’efforts en termes d’interaction collaborative d’une part [2] et d’interface homme-machine d’autre part [4]. On gagne à réfléchir collectivement aux outils de représentation spatiale.

6 Conclusion

L’utilisation du logiciel, tant pour saisir les premières descriptions d’exploitations et les premiers cas de la base, que lors de son utilisation pour comparer et retrouver des situations similaires, a permis de requestionner les connaissances des experts du domaine. Ce système, même s’il n’est pas fini, s’avère d’ores et déjà être un excellent support pour la formalisation des connaissances implicites et une aide certaine dans le processus d’acquisition des connaissances.

Nous avons travaillé sur des exploitations plus (Méjan) ou moins (Sauveterre) bien connues. Pour toutes ces exploitations étudiées, les agronomes possédaient des connaissances fonctionnelles de base qui leur permettaient d’élaborer des chorèmes d’exploitation avec un minimum d’informations. Si l’on veut généraliser la démarche, il faudrait pouvoir simplifier encore l’acquisition des informations, par exemple en s’appuyant uniquement sur une analyse de photos aériennes, de cartes d’occupations du sol et de parcellaires. Les connaissances d’ordre spatio-fonctionnel que nous avons manipulées pour décrire les organisations spatiales nous permettent-elles d’inférer des explications fonctionnelles ? Vraisemblablement oui dans la mesure où l’on reste dans le domaine de validité du modèle.

Ce système, établi à partir de connaissances sur les exploitations agricoles, pourrait être étendu au paysage. Il s’agirait de mettre en relation des types de paysages avec les pratiques agricoles (ou plus largement rurales) qui les ont produites. On aurait alors un moyen d’agir sur le paysage [21].

Cette perspective ouvre sur l’usage raisonné des représentations spatiales dans des démarches participatives de développement territorial. Une formalisation poussée de formes de raisonnement spatial, proposée par des chercheurs, pourrait trouver un intérêt opérationnel pour des acteurs concernés par le territoire en question. L’enjeu est maintenant dans le partage des connaissances.

Références

- [1] A. AAMODT et E. PLAZA : Case-Based Reasoning : Foundational issues, methodological variations and system approaches. *AICOM - Artificial Intelligence Communications*, 7(1):39–59, 1994.
- [2] C. BRASSAC et N. GRÉGORI : Situated and distributed design of a computer teaching device. *Journal of Design Sciences and Technology*, 8(2):11–31, 2000.
- [3] P. CARON : Quels agronomes pour quels territoires? Le terroire, un concept porteur d’intégration et de marginalisation au sein de la discipline. In P. PRÉVOST, éditeur : *Agronomes et territoires. Deuxième édition des entretiens du Pradel*, page 21, 2005.
- [4] M. F. CASTAING : L’image et son icône dans le dialogue humain-machine. In *Groupe Linguistique Appliquée des Télécoms - GLAT 2000*, pages 11–22, 2000.
- [5] M. COHEN, éditeur. *La brousse et le berger. Une approche interdisciplinaire de l’embroussaillage des parcours*. Espace et milieux. CNRS Édition, Paris, France, 2003. 354 pages.
- [6] J.-P. DEFFONTAINES et J. BROSSIER : Agriculture et qualité de l’eau : l’exemple de vittel. *Dossier de l’environnement de l’INRA*, 14, 1997. 78 pages.
- [7] P. GANESAN, H. GARCIA-MOLINA et J. WIDOW : Exploiting Hierarchical Domain Structure to Compute Similarity. *ACM Transaction on Information systems*, 21(1):64–93, 2003.
- [8] N. GIRARD, S. BELLON, B. HUBERT, S. LARDON, C.-H. MOULIN et P.-L. OSTY : Categorising combinations of farmers’ land use practices : an approach based on examples of sheep farms in south of France. *Agronomie*, 21:435–459, 2001.
- [9] V. HAARSLEV et R. MÖLLER : RACER System Description. In R. GORÉ, A. LEITSCH et T. NIPKOW, éditeurs : *Proceedings of the International Joint Conference on Automated Reasoning, IJCAR’2001, Siena, Italy*, volume 2083 de *LNC3*, pages 701–706. Springer, 2001.
- [10] S. LARDON : Modélisation spatiale et approche agronomique. In J. M. LEGAY, éditeur : *L’interdisciplinarité vue et pratiquée par les chercheurs en sciences de la vie*, Collection Indisciplines, pages 150–169. Éditions INRA, 2005.
- [11] S. LARDON, C. CAPITAINE et M. BENOÎT : Les modèles graphiques pour représenter l’organisation spatiale des activités agricoles. In *Représentations graphiques dans les systèmes complexes naturels et artificiels, Journées de Rochebrune*, pages 127–150. ENST, 2000.
- [12] S. LARDON, F. LE BER, J.-L. METZGER et P.-L. OSTY : Une démarche et un outil pour modéliser et comparer l’organisation spatiale d’exploitations agricoles. *Revue internationale de Géomatique*, 15(3):263–280, septembre 2005.
- [13] S. LARDON et P.-L. OSTY : Time-space dimensions of farmer practices : methodological proposals from surveys and modelling of sheep farming. In *European Farming and Rural Systems Research and Extension into the next Millenium, Volos, Greece*, 2000.
- [14] S. LARDON et P.-L. OSTY : Diversité des modes de conduite des élevages et organisation spatiale des lieux-dits : des atouts pour mieux gérer le territoire. In *Actes du colloque "Gérer les paysages de montagne pour un développement concerté et durable". Atelier "Impact des politiques publiques sur le paysage"*, Florac, 2002. 12 pages.
- [15] F. LE BER, C. BRASSAC et J.-L. METZGER : Analyse de l’interaction experts - informaticiens pour la modélisation de connaissances spatiales. In *IC’2002, Journées Francophones d’Ingénierie des Connaissances, Rouen*, pages 29–38. INSA Rouen, 2002.
- [16] F. LE BER, C. BRASSAC, J.-M. PRÉAU et J.-L. METZGER : De la confiserie sur le Causse, ou comment concilier chorèmes et graphes. In C. BLANC-PAMARD, J.-P. DEFFONTAINES, S. LARDON, C. RAICHON et S. ZASSER-BEDOYA, éditeurs : *Agro-tribulations*, pages 117–130. INRA éditions, 2004.
- [17] F. LE BER, A. NAPOLI, J.-L. METZGER et S. LARDON : Modeling and comparing farm using graphs and case-based reasoning. *Journal of Universal Computer Science*, 15(3):331–371, 2003.
- [18] J. LIEBER : *Raisonnement à partir de cas et classification hiérarchique. Application à la planification de synthèse en chimie organique*. Thèse de doctorat, Université Henri Poincaré - Nancy 1, 1997.

- [19] J. LIEBER et A. NAPOLI : Raisonnement à partir de cas et résolution de problèmes dans une représentation par objets. *Revue d'Intelligence Artificielle*, 13:9–35, 1999.
- [20] J.-L. METZGER : *Contribution à l'élaboration d'un modèle de Raisonnement à Partir de Cas pour l'aide à l'interprétation d'organisations spatiales agricoles*. Thèse de doctorat, Université Henri Poincaré - Nancy 1, 2005.
- [21] Y. MICHELIN : Des paysages pour le développement local : expériences et recherches innovantes dans le massif central. *Revue d'Auvergne*, (571), 2005. 338 pages.
- [22] M. NAÏTLHO et S. LARDON : Representing spatial organisation in extensive livestock farming. *In Integrating Animal Science Advances into the Search of Sustainability, 5th Inter. Livestock Farming Systems Symposium, Posieux (Fribourg), Switzerland*, pages 197–190, 1999.
- [23] D. A. RANDELL, Z. CUI et A. G. COHN : A Spatial Logic based on Regions and Connection. *In 3rd International Conference on Principles of Knowledge Representation and Reasoning*, pages 165–176. Morgan Kaufmann Publishers, 1992.