
Capitalisation des expériences en Génie Civil

L'exemple du projet K-CB pour la prévention des coulées boueuses

Céline Ohresser, Abdellah Ghenaïm, Jean-Bernard Poulet, Abdelali Terfous

Laboratoire LGeCO, Équipe de recherche : Eau, Sol, Aménagement
Insa Strasbourg
24, boulevard de la Victoire, F-67084 Strasbourg
(celine.ohresser@insa-strasbourg.fr)

RÉSUMÉ. Aborder les questions d'aménagement en considérant les risques potentiels est désormais chose commune dans la gestion de projet. Lorsque le risque est émergent et qu'il est mal connu, il peut comme dans le cas des coulées boueuses être négligé lors des opérations d'aménagement. Cet article présente une démarche de gestion de l'information dans l'objectif de construire de la mémoire par le biais du Raisonnement à Partir de Cas. L'attention du travail porte sur la restitution au sein de la base de cas d'une information qui décrit un système complexe.

ABSTRACT. To take in consideration the potential risks of landscape planning, is now an usual practice in projects management. However, when an eventual and unknown risk is rising up, like a muddy casting for example, it is often neglected during the operations of arrangement. This article introduces a way to manage informations through formal cases and keep memory of them.

MOTS-CLÉS : coulée boueuse, aménagement, RàPC, système complexe, risque.

KEY WORDS: muddy casting, Case-Based Reasoning complexe system, landscape planning

1. Introduction

Le Raisonnement à Partir de Cas (RàPC) est une approche de résolution de problèmes qui utilisent des expériences passées pour résoudre de nouveaux problèmes en se basant sur leurs similarités [MIL04]. Le RàPC, repose sur la formalisation du problème passé afin de l'enregistrer dans une base de cas et ce dans l'objectif de pouvoir le réutiliser. Dans le cadre de notre travail, l'utilisation du RàPC s'inscrit dans le cadre de la prévention d'un risque.

Si la *Réutilisation de l'Expérience* est une approche classique qui repose sur l'exploitation du savoir expert, le *Raisonnement à Partir de Cas* propose de trouver une solution à un problème en le comparant aux problèmes ou aux cas contenus dans une base de données. Le RàPC constitue une démarche admise et validée dans de nombreux domaines (médical, informatique, résolution de problème technique) mais qui n'a jusqu'ici pas été exploitée dans la gestion du risque et plus précisément du point de vue de l'intervention du génie civil.

Le travail présenté s'inscrit dans la volonté de prévenir la possibilité d'apparition du risque « coulée boueuse » en milieu périurbain. La région étudiée est nommée le Kochersberg, située à l'ouest de Strasbourg, elle est soumise à ce problème récurrent et qui a tendance à s'accroître. Depuis 1982, 38 cas de coulées boueuses ont été recensés pour la région de l'étude. Le risque, qui résulte d'une interaction entre objets, apparaît comme un système à part entière tant par la nature des objets qui le compose que par les relations et interrelations qu'ils entretiennent avec le contexte environnemental, économique et social. Le travail présenté s'intègre au sein d'une démarche globale et territorialisée de diagnostic des zones soumises à un risque, composée des points suivants : utilisation des graphes de représentation des systèmes, capitalisation de l'expérience et conception du modèle graphique de mise en évidence des zones de risques. L'idée principale du travail présenté repose sur la formalisation de l'information et sa situation dans son contexte systémique afin de la capitaliser et de la restituer selon un objectif de détection-prévention.

La problématique de la recherche s'intéresse aux conditions d'apparition des événements de coulées boueuses à partir de l'étude des événements passés entre 1997 et 2004 dans le Kochersberg. Les objectifs de cette communication sont de présenter une démarche de capitalisation de l'expérience au profit du projet de génie civil, en s'attachant à présenter une démarche qui s'attache à considérer la complexité du phénomène, situer l'événement dans son contexte socio-éco-environnemental, et proposer un modèle d'enregistrement de l'information.

La démarche développée dans cette recherche est inductive et s'appuie sur le RàPC comme outil de restitution de l'information.

Cet article présente successivement la complexité du système étudié, définit les fondamentaux du raisonnement à partir de cas et décrit le modèle d'acquisition des connaissances retenues : K-CB.

2. La complexité du système

2.1. Contexte systémique et hypothèse de travail

La coulée boueuse se caractérise par le déplacement généralement brutal, d'une couche superficielle de terre, à la suite d'orage violent, elle est reconnue comme catastrophe naturelle par la loi de 1982 [BIS02]. Au-delà du phénomène mécanique, la formation du risque des coulées boueuses résulte d'un processus complexe interdépendant de l'affrontement entre les trois systèmes qui composent le territoire du Kochersberg. La manifestation du risque apparaît aux zones de télescopage entre le système agricole, le système naturel et le système périurbain.

Le système agricole est caractérisé par une agriculture intensive qui laisse les sols à nu en hiver et au printemps, il est exploité par un faible contingent d'actifs gestionnaire d'une grande partie du territoire qui s'efforce de répondre à des objectifs de rentabilité. Il est en constant réajustement : il gagne du terrain sur le système naturel, et perd des surfaces cultivables au profit du système périurbain. Le système périurbain s'est substitué au système villageois, il est caractérisé par des pratiques migratoires actives, il est attractif, en termes d'offres résidentielles et est déficitaire en matière d'emploi et de commerce, enfin il est grand consommateur d'espace. Le système naturel est caractérisé par les échanges entre les différents biotopes qui le composent. Le système naturel est d'abord la mise en relation d'éléments géologiques, topographiques et climatologiques qui caractérisent un support de vie. Le système naturel est ensuite l'ensemble des éléments qui se superposent et forme un réseau favorisant la biodiversité par exemple (réseaux hydrographiques, ripisylves, prairies, forêts, zones inondables...).

Si les éléments nécessaires à la coulée boueuse sont d'abord issus du système naturel (topographie, géologie, pluviométrie), le risque de coulée boueuse se forme à la rencontre entre le système agricole et le système périurbain ; là où précisément le système naturel est le plus fragile, le moins stable. Il n'y a risque que si potentiellement des groupes humains et leurs implantations territoriales peuvent être affectés par les destructions qui suivront la réalisation de la catastrophe. Par conséquent, le travail repose sur l'hypothèse selon laquelle la vulnérabilité du territoire au risque de coulée boueuse est conditionnée par des facteurs qui dépassent le phénomène physique et mécanique et que la manifestation de l'événement se produit aux zones de tensions entre les différents systèmes qui s'inscrivent sur un même territoire. C'est pourquoi, le travail s'attache à restituer une information structurée permettant la mise en évidence des différentes composantes des systèmes qui interagissent avec l'événement de coulée boueuse.

2.2. Appréhender le risque dans sa complexité

La coulée boueuse est un phénomène complexe qui se distingue par l'émergence au niveau global de propriétés nouvelles. Par conséquent, l'appréhension de ce risque ne peut pas être abordé par une démarche classique analytique : c'est-à-dire

qu'une démarche qui viserait à étudier les différents composants du système sans considérer les interrelations qu'ils entretiennent, fausserait la justesse des simulations d'évolution du système.

La coulée boueuse est un système complexe qui intègre une grande variété de phénomènes physiques et humains dont les interactions construisent un système décomposable, dynamique, lisible à différentes échelles spatio-temporelles, structuré et organisé. Le système est décomposable en sous-systèmes : système agricole, système périurbain, système naturel. Il est dynamique : il oscille autour d'un point d'équilibre, et c'est du déséquilibre entre les différents systèmes que naît l'événement « coulée boueuse ». Chacun des sous-systèmes construit des fronts pionniers qui se traduisent dans l'espace par la progression géographique d'un système au détriment d'un autre. Le système est lisible à différentes échelles spatiales et temporelles. La construction des systèmes évolue dans le temps, par exemple afin de se protéger des phénomènes connus du ruissellement, les communautés villageoises entretenaient des ceintures vertes (réseau de haies, prairies et vergers). Ce schéma a été bouleversé par les vagues successives de transformation agricole au cours du 20^e siècle. La construction des systèmes évolue également dans l'espace, les systèmes agricoles et naturels prédominaient l'espace. L'inversion de cet équilibre au profit du système agricole et du système périurbain propose une nouvelle qualité émergente forte : l'émergence des coulées boueuses. Il est structuré ; il est formé de relations et d'interrelations entre les différents objets qui composent le système. Mener une action sur l'un des objets composant le système ou modifier une relation revient à modifier par chaîne l'ensemble du système. Enfin, le système est auto organisé selon le résultat d'une interaction rétroactive entre les objets et les relations qui composent le système.

3. Le raisonnement à partir de cas

3.1. Principes généraux du RàPC

Le Raisonnement à Partir de Cas est une forme de résolution de problèmes réutilisant des expériences. Le terme de RàPC se dit d'une approche de résolution de problème basée sur la réutilisation par analogie d'expériences passées appelées cas. Le principe réside en la constitution d'une liste de problèmes *sources* auxquels on trouve une solution selon un principe de fonctionnement déduit. L'objectif principal de ce raisonnement est d'établir des relations de similarité entre les événements passés et des événements à venir afin d'établir des possibilités d'apparition du risque. Le raisonnement à partir de cas se décompose habituellement en quatre phases principales. Une phase de recherche dont le but est de rechercher des cas ayant des similarités avec le problème courant. Une seconde phase, phase de réutilisation, permettant de construire une solution au problème courant en se basant sur les cas identifiés dans la phase précédente. Une troisième phase de révision de la solution permet de l'affiner grâce à un processus d'évaluation. Enfin une quatrième phase qui est une phase d'apprentissage, chargée de mettre à jour les éléments du raisonnement en prenant en compte l'expérience qui vient d'être réalisée et qui

pourra ainsi être utilisée pour les raisonnements futurs. Le travail mené se concentre sur la première phase théorique du RàPC.

3.2. Adapter le RàPC à l'objectif prévention

L'objectif global retenu pour ce travail est de proposer une démarche permettant la détermination des conditions d'apparition de la coulée boueuse au sein de son environnement systémique. Le premier objectif est de concevoir un système permettant de déterminer les possibilités d'apparition de la coulée boueuse dans son environnement systémique, selon l'étude des cas passés afin de pouvoir formaliser les possibilités d'apparition d'un nouvel événement. Le second objectif est de constituer l'architecture de la base de cas, en formalisant les conditions d'apparition des coulées boueuses, le but étant de situer l'objet « coulée boueuse » dans son environnement systémique.

3.3. Le système de raisonnement proposé

Les champs d'application du RàPC dans le cadre de notre étude sont les suivants : permettre une approche de construction des systèmes à base de connaissances et favoriser un processus d'apprentissage automatique à partir d'expériences. La méthode utilisée doit mettre en évidence la diversité des situations et la complexité des cas particuliers. Les systèmes de raisonnement à partir de cas utilisent généralement des méthodes très diverses pour réaliser les différentes tâches du raisonnement : remémoration de cas similaires, adaptation des solutions retrouvées, intégration du nouveau cas dans la mémoire. La recherche de l'information s'est organisée en deux pôles : 1^{er} pôle - restitution des savoirs sur l'événement, il s'agit de rassembler les informations expertes, bibliographiques, les documents officiels qui décrivent l'événement ; 2nd pôle – élargissement des connaissances au contexte de l'événement.

4. Le modèle d'acquisition des connaissances

4.1. La construction du script

Le RàPC trouve ses origines auprès des théories de traitement de l'information et plus particulièrement auprès du Modèle de Mémoire développé dans les travaux de Marvin MINSKY notion de cadres, puis dans les travaux de Roger SHANK sur le Modèle de Mémoire Dynamique (scripts) et qui le premier utilise l'expression de « Case-Based Reasoning ». L'idée principale véhiculée par la théorie de la mémoire dynamique est le fait que les processus cognitifs de compréhension, de mémorisation et d'apprentissage utilisent une même structure de mémoire. C'est pourquoi, le Raisonnement à Partir de Cas s'inscrit dans l'héritage de Minsky et de Schank, en effet, selon une mémoire d'expérience organisée, on recherche le cas qui est au plus près du problème courant. L'intérêt de construire un script de cas réside en l'opportunité pour notre travail de doter la base de cas d'un squelette unique qui a

pour objectif de favoriser la compréhension, la mémorisation et l'apprentissage. On définit un " script " comme une structure de données regroupant l'ensemble des connaissances relatives à une situation typique, qui permet de combiner des représentations. Le script sert à stocker, organiser et structurer l'information.

4.2. Le choix de l'information contenue dans le script

La question du choix des indicateurs a été traitée selon deux idées principales qui sous-tendent la recherche. La première idée est que le choix des indicateurs doit révéler la structure fondamentale des territoires, sa constitution, son fonctionnement, ses particularités. La seconde idée est que ces informations doivent être complétées par des indicateurs propres à l'événement coulée boueuse, les indicateurs doivent nous renseigner sur les informations traitant des caractéristiques de l'environnement au moment t , et de la forme de l'événement.

Au total 35 indicateurs décrivent le cas au sein d'un script. Ils apportent des informations sur les structures humaines, spatiales et décisionnelles propres à chaque commune victime. La construction du script est structurée selon le modèle Homme Espace Décision (H-E-D) proposé par Christiane ROLLAND-MAY [ROL00]. Nous proposons d'ajouter une catégorie d'indicateur nommé CB (Coulées Boueuses) afin de proposer une structure d'enregistrement des cas situant l'événement dans son contexte.

Chaque cas est renseigné et enregistré dans la base de cas selon l'expression standard ou d'un script de cas suivant :

$$K_{CB(35)} = (H(i_{10}), E(i_{13}), D(i_1), CB(i_{10}))$$

L'expression $K_{CB(35)}$ renseigne l'utilisateur sur le nombre d'indicateurs qui servent à décrire un seul cas. Puis chaque composante du script de cas décrit quatre contextes de l'événement de coulée boueuse. En effet, dix indicateurs décrivent la partie H (homme) du modèle H-E-D, ils visent à situer les caractéristiques périurbaines des communes concernées par le risque (population, emploi, trajectoires). Ensuite, treize indicateurs décrivent l'espace et sont stockés dans la partie E . Ces indicateurs renseignent l'utilisateur sur les caractéristiques naturelles de l'environnement de la commune, puis sur l'espace en tant que support de l'activité anthropique (topographie de la commune, occupation des sols, diffusion du bâti). Puis le D , décrit les supra décisions qui sont susceptibles de modifier durablement la structure d'un territoire (passage du TGV...), dans ce cas seul l'information passage du TGV sur le bassin versant est retenu comme indicateur. Enfin, la partie CB est décrite par dix indicateurs qui apportent une information sur l'état de l'environnement au déclenchement de la coulée boueuse et nous renseigne sur la structure de la coulée boueuse et sur son cheminement.

4.3. Retrouver dans la base le "cas du plus proche voisin"

Le RàPC est basé sur la fonction d'appariement qui vise à évaluer les similarités entre deux ou plusieurs cas. Concrètement, il s'agit d'effectuer un calcul des distances entre les valeurs de chaque cas. Après s'être assuré de la structure similaire

dans le stockage de chaque cas, il devient possible de rechercher des correspondances entre descripteurs. Précisément, la recherche de similarité est établie entre chaque pair "attribut valeur".

Le programme basé sur un calcul des distances euclidiennes isole le cas ayant la description de problème la plus proche possible de la description du nouveau problème. Il permet de donner un poids important aux indicateurs qui ont beaucoup d'influence sur le cas et à l'inverse, une valeur faible aux attributs ayant une faible influence sur le cas en les pondérant, par exemple les indicateurs de la catégorie CB ont plus d'influence que les indicateurs de la catégorie H.

Une interface utilisateur a été développée, pour faciliter la saisie des cas et lancer la recherche de similarité entre le nouveau cas et les cas contenus dans la base de cas.

4.4. Résultat : La vulnérabilité de l'ensemble de la zone

Les résultats ont été obtenus à partir de l'enregistrement de cas cibles décrivant des communes situées sur le territoire du Kochersberg et qui n'ont jusqu'ici pas été victime du phénomène. L'interrogation de la base K-CB souligne la similarité entre les situations des communes victimes et non victimes. En effet, l'homogénéité des cas pour l'ensemble de la région de l'étude est traduite par les résultats de similarité supérieure à 80 % et pouvant aller jusqu'à 98 %, dès lors que le cas cible décrit la situation d'une commune du Kochersberg. Par conséquent, les résultats mettent en évidence la vulnérabilité de l'ensemble de la région au risque de formation de coulées boueuses. L'affrontement entre les systèmes est identique à chaque cas enregistré par commune, le périurbain qui est en forte extension est un facteur déterminant qui conditionne l'organisation spatiale de l'espace et l'organisation bipolaire des sols mettant face à face zone d'habitat et zone cultivée sans aucune protection intermédiaire.

5. Conclusion

La base de connaissance K-CB est construite selon un objectif d'information sur les conditions d'apparition d'un risque. Son exploitation est en devenir, il est prévu d'élargir le script de cas au choix des solutions mis en œuvre. Cette opération n'est jusqu'ici pas possible, car il n'existe pas de cas de mise en œuvre de solutions dans les cas précisément cités ; si les solutions techniques, agricoles ou urbanistiques existent, elles ne sont soit à l'état d'étude, soit à la recherche de financement. Pour intégrer le volet solution, il paraît intéressant d'enregistrer dans K-CB, des événements de coulées boueuses survenus dans la région du Sundgau (Haut-Rhin) ou du Pays de Caux (Eure) et de présenter les solutions techniques ou non qui ont été réalisés.

Le RàPC est un outil de recueil de l'expérience basée sur l'idée que l'expérience est une information qu'il faut d'abord mémoriser avant de pouvoir la restituer et par conséquent engendrer un processus de prise de décision. La question du diagnostic

prédétermine le choix de la solution. La constitution de la base K-CB a été dans un premier temps, un travail de reconstitution voire de recherche de l'information. En effet, les informations relatives à ce type d'évènements sont contenues dans une base de données réalisée à partir des rapports météo et des rapports des sapeurs pompiers [HEI04], cependant, souvent ces données sont incomplètes. C'est pourquoi, les informations contenues dans K-CB ont fait l'objet d'un long travail de terrain et d'entretien. Le recours au Raisonnement à Partir de Cas présente une approche originale en matière de prévention d'un risque naturel. Son association avec l'approche systémique "éco-socio-environnementale" propose une réflexion construite sur les principes du développement durable et propose par conséquent une meilleure intégration des questions environnementales, sociales et économiques au processus de décision.

6. Bibliographie

- [AAM90] AAMODT A. ; Knowledge-Intensive Case-Based Reasoning and Sustained Learning ; Ed. AIELLO, Proc. Of the 9th European Conference on Artificial Intelligence ; August 1990.
- [BIS02] Le BISSONNAIS Y., THORETTE J., C., DAROUSSIN J. ; L'érosion hydrique des sols en France ; IFEN, 2002.
- [CAR02] CARTIER S. ; Ruissellement érosif : prévention des risques ou conflits ?; In Natures, sociétés et Sciences, vol.10, n°3, 2002.
- [LAR05] S. LARDON, F. LE BER, JL. METZGER, PL. OSTY ; Une démarche et un outil pour modéliser et comparer l'organisation spatiale d'exploitations agricoles. Revue internationale de Géomatique : 2005.
- [MIL04] MILLE A.; Raisonnement à partir de cas, cours à l'intention des étudiants de DEA ; INSA de Lyon : 2004.
- [OHR06] OHRESSER C. ; Diagnostic des territoires sous tensions : Mise en place d'une démarche de capitalisation des expériences –Le cas des coulées boueuses dans la région du Kochersberg (67) ; Mémoire de Mater 2 Recherche ; Strasbourg - ULP : 2006.
- [ROS75] DE ROSNAY J.; Le macroscopie ; Seuil : 1975.
- [ROL00] ROLLAND-MAY C. ; Évaluation des territoires concepts, modèle, méthodes ; Hermès Science : Paris – 2000.