

LA CARTOGRAPHIE DES CONTRAINTES KARSTIQUES EN RÉGION WALLONNE (BELGIQUE)

Camille EK, Annick JASPAR et Raymond MICHEL

Résumé

Une meilleure gestion des risques naturels et des contraintes physiques : tel est l'objectif d'un décret du Parlement wallon, voté en 1997 et modifiant le Code wallon de l'Aménagement du Territoire, de l'Urbanisme et du Patrimoine. L'impact — foncier notamment — de ce décret nécessite la réalisation d'un inventaire objectif des risques naturels à l'échelle du territoire wallon.

Parmi ces dangers figurent les contraintes liées à l'activité des processus karstiques dans les zones dites d'urbanisation (risques d'enfouissement des cours d'eau, d'effondrements, d'inondations, etc.). La Région wallonne a, dès lors, décidé de faire réaliser une cartographie nouvelle, numérique, des contraintes liées au karst. Cette cartographie est en voie d'établissement à l'échelle de 1/10 000 sur Arc Info et Arc View.

Le travail utilise largement l'Atlas du Karst wallon édité par la Commission wallonne d'Etude et de Protection des Sites souterrains; cet Atlas est le fondement de la base de données.

Les données sont recueillies par le Laboratoire de Géologie fondamentale et appliquée de la Faculté polytechnique de Mons, par la Commission wallonne d'Etude et de Protection des Sites souterrains, et par le Département de Géographie physique de l'Université de Liège. Les données sont élaborées par ce dernier Département en un Système d'Information géographique (SIG).

Les risques naturels peuvent engendrer des coûts très importants pour la collectivité. L'aménagement du territoire est au carrefour de plusieurs centres d'intérêts, parfois contradictoires. La cartographie des risques naturels, débutant par celle des phénomènes karstiques, se veut une contribution à un développement durable de la Région.

Mots-clés

phénomènes karstiques, aménagement du territoire, SIG, cartographie numérique, Région wallonne

Summary

A recent decree, voted in 1997 by the Walloon Parliament and modifying the Walloon Code of Land Management, Town Planning and Patrimony aims to a better treatment of natural risks and physical constraints in land management. The important financial impact of these hazards on the land and on real estates entails an objective study and a detailed mapping of natural risks. Among these are the karstic features and processes (subsidence, break-down, swallowing, inundations...). The Walloon Region has decided to map karst constraints in urban and urbanizable zones, on a numerical basis. This new cartography is in making by means of Arc Info and Arc View.

The main data base is the Atlas du Karst wallon, edited by the Commission wallonne pour l'Etude et la Protection des Sites souterrains (Underground Sites).

Data collection is carried out by the Faculté polytechnique de Mons, by the Université de Liège and by the Commission wallonne d'Etude et de Protection des Sites souterrains. All data are finally elaborated at the Université de Liège as a Geographic Information System (GIS).

Natural risks can generate high cost. Land management affects very various interests, sometimes conflicting. Mapping natural risks and at first, presently, karst hazards, aims to be a contribution to a lasting development of the Walloon Region.

Key-words

karstic features, land management, GIS, numerical cartography, Walloon Region

INTRODUCTION

La prise en considération des phénomènes karstiques dans l'aménagement du territoire et leur cartographie, directement en vue de cet aménagement, sont un pas nouveau et original en direction de la maîtrise et de l'usage judicieux de notre environnement et de notre espace naturel et humain.

Si l'on recherche les plus lointains précurseurs de cette démarche, on peut se tourner vers E. Van Den Broeck, E. Martel et E. Rahir et leur ouvrage monumental " Les cavernes et les rivières souterraines de la Belgique " (1910), publié en deux volumes totalisant 1750 pages; cet ouvrage fait montre en maint endroit de l'intérêt des auteurs pour les influences des phénomènes karstiques sur les établissements humains et de la conscience qu'ils avaient de l'impact des actions de l'homme sur l'évolution du karst. L'ouvrage comporte un grand nombre de précieuses cartes localisant, souvent au 1/40 000, les phénomènes décrits.

Depuis 1910, les efforts d'inventaire du karst wallon ont été nombreux, et nous ne citerons que les deux oeuvres les plus complètes à cet égard. En 1982, la Société spéléologique de Wallonie publie son " Inventaire spéléologique de la Belgique "; en 521 pages, l'ouvrage, dont la cheville ouvrière est Danielle Uytterhaegen, passe en revue tous les phénomènes karstiques connus sur notre territoire. Ils sont aussi localisés sur une carte à 1/10 000 mais, pour des raisons financières évidentes, celle-ci restera inédite.

Plusieurs autres tentatives d'inventaires et de cartographie des phénomènes karstiques seraient à signaler. Mais le seul travail d'envergure qui fut mené à bien et qui représente un inventaire descriptif et cartographique détaillé et précis des sites karstiques et des rivières souterraines de la Région est l'Atlas du Karst wallon, publié de 1992 à 1997 en 11 tomes. Cette oeuvre monumentale de la Commission wallonne d'Etude et de Protection des Sites souterrains (CWEPS) est basée sur une cartographie détaillée, établie à 1/10 000 et diffusée à 1/25 000. L'étude est publiée par provinces. Pour la plupart de celles-ci, l'inventaire existe seulement en diffusion restreinte; les trois tomes de la Province de Liège sont disponibles, en vente à la CWEPS. Ce travail a permis de recenser près de 4 000 phénomènes karstiques, distribués sur plus de 90 cartes (planchettes). Il répond à une demande de la Région wallonne, et a été subventionné par le Ministère wallon de l'Environnement et des Ressources naturelles et par la Fondation Roi Baudouin.

La cartographie a également été numérisée et organisée en Système d'Information géographique (SIG) sur le logiciel Arc Info. C'est ce travail de longue haleine

et de grande envergure qui sert de base — et qui constitue le fondement de la base de données - pour la cartographie nouvelle en cours d'achèvement, qui a été subventionné par la Direction générale de l'Aménagement du Territoire, du Logement et du Patrimoine (DGATLP).

Un travail important est cependant nécessaire pour le report des données sur la carte nouvelle en voie d'élaboration, destinée à la gestion des permis d'urbanisme. Il y a à cela deux raisons. La première est que les cartes de l'Atlas du Karst wallon localisent avec précision chaque phénomène, mais qu'il faut recourir à l'inventaire écrit pour en avoir la description : chaque phénomène, qu'il s'agisse d'une grotte, d'une perte, d'une doline, est indiqué par un point numéroté, et la nature du phénomène apparaît dans le texte descriptif. La carte nouvelle établie dans une perspective de bon aménagement et de développement durable, montre d'emblée par un symbole la nature du phénomène. Mais une autre cause plus fondamentale est à l'origine du travail actuel : le caractère évolutif du karst de notre région. Une carte des phénomènes karstiques est la représentation de ceux-ci à un moment donné. Si la localisation et l'extension de certains sites, les grottes et les résurgences, par exemple, varient peu, par contre, les dolines, les chantoirs (pertes) et les puits naturels apparaissent, se développent, évoluent, sont rebouchés, se déplacent et, après quelques décennies, une carte nécessite révision, comme nous le montrerons plus loin. La chose avait déjà été notée par E. Van Den Broeck, E. Martel et E. Rahir (1910) et l'évolution rapide de certains phénomènes karstiques fut pour la première fois cartographiée dans un mémoire inédit de R. Michel (1971). C'est ce caractère évolutif du karst qui a donné lieu à l'important travail de terrain qui sera évoqué plus loin.

Suite à la publication du décret du Parlement wallon du 27 novembre 1997 modifiant le Code wallon de l'Aménagement du Territoire, de l'Urbanisme et du Patrimoine (CWATUP), il était impératif de transcrire l'ensemble de ces inventaires en termes de contraintes physiques et de prescriptions urbanistiques.

C'est donc l'objectif de l'étude qui est actuellement réalisée par l'Université de Liège en collaboration avec la CWEPS et le Laboratoire de Géologie fondamentale et appliquée de la Faculté polytechnique de Mons.

Cette étude est effectuée à la demande de la Région wallonne grâce à un financement du Ministère de l'Aménagement du Territoire (DGATLP). Sa durée porte sur deux ans.

I. LA PRISE EN COMPTE DES FACTEURS PHYSIQUES EN AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE EN RÉGION WALLONNE

Jusqu'il y a peu de temps, les facteurs physiques ne constituaient pas un enjeu majeur pour l'aménagement du territoire et la planification spatiale en Région wallonne. Seules les zones inondables avaient été délimitées sur certains projets de plans de secteur, mais aucune n'y avait été inscrite définitivement. Cela s'explique en partie par le fait que la Direction de l'Aménagement du Territoire était jadis rattachée au Ministère des Travaux publics qui n'accordait qu'une attention limitée aux contraintes inhérentes aux risques naturels et que les autorités publiques n'avaient pas encore mesuré l'impact de ce problème à moyen terme.

Suite aux inondations catastrophiques qui ont eu lieu durant les hivers 93 et 94, suivies du glissement de terrain du Mont-de-l'Enclus - deux aléas qui ont fait l'objet d'une intervention du Fonds des Calamités -, le Gouvernement wallon a décidé de prendre toutes les mesures en vue de limiter les risques naturels, en particulier les inondations qui se manifestent par le débordement de rivières dans les fonds de vallée où sont localisés de nombreux campings - la plupart en infraction avec la législation en matière d'aménagement du territoire et d'urbanisme.

Afin de mesurer l'impact d'une telle décision à l'échelle régionale, la DGATLP a suggéré à feu Monsieur le Ministre A. Baudson de signer une convention d'étude avec le Département de Géographie physique et du Quaternaire de l'Université de Liège en vue d'établir un inventaire des contraintes physiques que l'on peut observer sur le territoire d'une " commune pilote " : Sprimont. Cette étude a permis de mettre en évidence les principaux facteurs physiques qui ont un impact sur l'occupation et l'affectation du sol (Pissart et Closson, 1998).

Encore fallait-il traduire ces informations en termes de prescriptions réglementaires afin d'en tenir compte lors de la délivrance des permis d'urbanisme; ce qui fut fait grâce à l'appui technique et juridique de la cellule " carrière " de la DGATLP.

Après les accidents qui se sont succédé durant ces deux dernières années à Dinant (effondrement du rocher), à Bas-Oha (glissement du talus du chemin de fer) et à Tenneville (coulée de boue sur la N4), il apparaît que toutes ces initiatives étaient judicieuses.

A. Le décret du 27.11.97 modifiant le CWATUP

Deux ans après la fin de ladite convention, le Parlement wallon a voté un décret (27.11.97), modifiant le

CWATUP. Ce décret a été publié au Moniteur le 12.02.98 et est d'application depuis le 1^{er} mars 98. Outre les nouvelles procédures et les délais en matière de délivrance des permis, ce décret vise une meilleure gestion des risques naturels et des contraintes géotechniques via les outils de l'aménagement du territoire wallon (permis d'urbanisme, plans de secteur, etc.).

L'article 40 du Code dispose : " *Le plan (de secteur) peut comporter en surimpression les périmètres suivants dont le contenu est déterminé par le Gouvernement : 5. de risque naturel prévisible ou de contrainte géotechnique majeure [...].*" Cet article est important dans la mesure où il permet pour la première fois l'inscription aux plans de secteur des terrains soumis à une contrainte physique (art.136).

L'article 46.4 du CWATUP stipule : " *L'inscription (au plan de secteur) d'une nouvelle zone destinée à l'urbanisation est incompatible avec le maintien d'un périmètre de risque naturel prévisible ou de contrainte géotechnique majeure.*"

L'article 76 stipule : " *Le gouvernement peut édicter un ou des règlements régionaux d'urbanisme contenant toutes les dispositions destinées à assurer :*
1. la salubrité, la conservation, la solidité et la beauté des constructions ainsi que leur sécurité notamment leur protection contre l'incendie et les risques naturels prévisibles, en ce compris les contraintes physiques majeures ."

Par ailleurs, l'article 136 du Code prescrit : " *Lorsque les actes et travaux ou le permis f...] se rapportent à des biens immobiliers exposés à une contrainte physique majeure telle que l'inondation, l'éboulement d'une paroi rocheuse, le glissement de terrain, l'effondrement karstique ou minier, le risque sismique et la protection des eaux souterraines, l'exécution de ces actes et travaux peut être soit interdite, soit subordonnée à des conditions particulières de protection .*" Cet article permet de gérer les demandes de permis portant sur des travaux présentant un risque naturel non encore inscrit au plan de secteur.

Aucune indemnisation n'est due en cas de refus de permis d'urbanisme

L'article 70 du Code dispose : " [...] *Aucune indemnité (à charge de la Région ou de la Commune) n'est due dans les cas suivants : 8. pour les bâtiments détruits par une calamité naturelle, lorsque l'interdiction de leur reconstruction résulte de l'arrêté royal pris en exécution de l'article 12, §3. alinéa ler de la loi du 12 juillet 1976 relative à la réparation de certains dommages causés à des biens privés par des calamités naturelles; [...] 10. interdiction de bâtir ou de lotir un terrain exposé à une contrainte physique majeure visée à l'article 136 .* Il en est de même en cas de refus de modification du plan de secteur visant

l'urbanisation d'une zone karstique présentant un risque majeur inscrit dans un des périmètres susvisés.

B. Les arrêtés d'application du décret et la gestion des permis d'urbanisme

La mise en oeuvre des articles 40 et 46 du nouveau Code nécessite plusieurs arrêtés d'application, plus précisément ceux relatifs à :

- la modification de la légende des plans de secteur en vue d'y inscrire en surimpression les périmètres de risques naturels et de contraintes géotechniques;
- la définition de prescriptions urbanistiques à appliquer aux terrains situés à l'intérieur de ces périmètres (arrêté du 17.12.98).

La révision des plans de secteur demandera beaucoup de temps. A l'heure actuelle, il est impossible de fixer les délais et les priorités.

Les autorités communales peuvent également prendre des initiatives via :

- l'élaboration d'un plan communal d'aménagement (PCA) - éventuellement dérogeant au plan de secteur
- de manière à préciser l'affectation du plan de secteur et définir des zones *non aedificandi*;
- l'établissement d'un règlement communal d'urbanisme (RCU) (art. 78) " *Ils peuvent en outre contenir toute autre indication visée à l'article 76* ".

En attendant lesdits arrêtés, il y a lieu d'appliquer l'article 136 du code en se référant également à l'article 1er du Code : " *La région et les autorités publiques [...] sont gestionnaires et garantes de l'aménagement du territoire. Elles rencontrent d'une manière durable les besoins [...] de la collectivité par la gestion qualitative du cadre de vie [...], par la conservation et le développement du patrimoine culturel, naturel et paysager*".

C. De la nécessité d'établir un inventaire des contraintes physiques

Vu l'impact de ces mesures au point de vue foncier, il est impératif de réaliser un inventaire objectif des risques naturels à l'échelle du territoire wallon. Cela posera certainement des problèmes au niveau de la délimitation des zones inondables, car les conséquences au point de vue spatial dépendront de la **récur-rence** (25 ans, 100 ans ?) qui sera adoptée lors de la réalisation du *survey* de ces zones.

Par ailleurs, certaines zones urbaines (Ville de Dinant, Ville de Huy) sont situées en zone inondable et il est politiquement impossible d'y refuser systématiquement tout nouveau permis. Dès lors, pour les territoires déjà fortement urbanisés, il sera nécessaire d'appliquer des prescriptions via un règlement général d'urbanisme qui définira une série de mesures (urbanistiques) visant à limiter les aléas des inonda-

tions dans lesdites zones. Quant au risque d'éboulement du rocher de Dinant, au lieu de consolider le rocher à grands frais pour la collectivité, il aurait été plus judicieux à long terme d'utiliser ces fonds pour exproprier les riverains et rendre la zone à risque *non aedificandi*.

D. Une convention d'étude et ses partenaires

En 1998, une convention d'étude a été signée entre la Direction générale de l'Administration du Territoire, du Logement et du Patrimoine de la Région wallonne et le Département de Géographie physique de l'Université de Liège en vue d'élaborer l'inventaire des contraintes karstiques sur le territoire de la Région wallonne.

Sont également associés à cette étude la Commission wallonne d'Etude et de Protection des Sites souterrains (CWEPSS) et le Laboratoire de Géologie fondamentale et appliquée de la Faculté polytechnique de Mons (FPMs).

D'une durée d'un an, la convention consiste dans un premier temps en l'analyse des contraintes physiques dans les régions karstiques inscrites en zone destinée à l'urbanisation aux plans de secteur (article 25 du CWATUP). Il s'agit des zones d'habitat, d'activités économiques, de loisirs, etc.

Certaines infrastructures (réseau autoroutier, TGV, gazoducs...) sont implantées dans des zones karstiques inscrites dans les zones du plan de secteur que le code définit comme " non destinées à l'urbanisation ". Le Comité d'Accompagnement de la convention a rendu un avis favorable à l'extension de l'étude à ces dites zones.

La Commission wallonne d'Etude et de Protection des Sites souterrains (CWEPSS), qui a eu le mérite énorme de lancer et de mener à bien la première cartographie intégrale, publiée à 1/25 000, des phénomènes karstiques de Belgique, s'est chargée de lever, dans le cadre de la présente convention, les sites karstiques concernés et les zones de contraintes qui y sont liées dans les provinces de Namur et de Luxembourg. Dans ces deux provinces, c'est Georges Michel qui fait les levés pour la CWEPSS sous la supervision de Georges Thys.

Le Laboratoire de Géologie fondamentale et appliquée de la Faculté polytechnique de Mons (FPMs) a pris en charge les problèmes dans le Hainaut. Le Laboratoire est, depuis longtemps, expert dans les problèmes d'exploitation des carrières de calcaire, dans les questions liées aux puits naturels, et dans le domaine des phénomènes karstiques hennuyers en général; Serge Delaby lève la carte de la province sous la direction d'Yves Quinif et la supervision d'Olivier Kaufmann.

En province de Liège, où divers levés de terrain avaient été faits par Vincent Mousny et par Damien Closson, c'est Annick Jaspar qui a entrepris, sous la supervision de Camille Ek, la révision de la carte des phénomènes karstiques et le levé des zones de contraintes afférentes.

II. LE KARST REPRÉSENTE UNE CONTRAINTE POUR L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE

Les phénomènes karstiques ne sont pas toujours évidents à la surface du sol (*Les sites karstiques cités dans le texte sont localisés sur la figure 1.*); dans certains cas, le premier problème qu'ils posent est celui de leur détection. Ainsi, lors de la construction du viaduc de Remouchamps, sur l'autoroute E25 (Amsterdam-Gênes via Liège et Luxembourg), le creusement des fondations de la culée nord du viaduc révéla une galerie karstique de plus de 60 m de long, haute en moyenne de 2 ou 3 m, et débouchant exactement sous la culée même. Huit sondages d'exploitation avaient été réalisés à cet endroit; aucun n'avait détecté la grotte. Le pilier n°2 du même viaduc était aussi sur bedrock calcaire. Quatre sondages, profonds de 15 à 20 m, avaient été exécutés, mais aucun n'avait touché la grotte sous-jacente dont le développement était pourtant supérieur à 160 m

Un étage supérieur, partiellement effondré, au plancher couvert d'éboulis, comportant une salle de près de 200 m², surmontait un étage inférieur contenant un cours d'eau souterrain (Ek, 1982; Waltham et al., 1986).

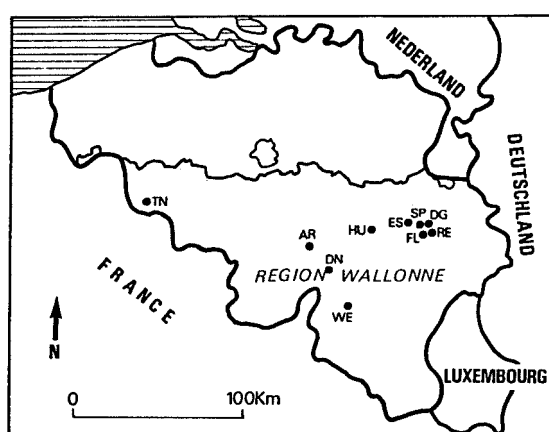


Figure 1 - Localisation des sites karstiques cités dans l'article. Par ordre alphabétique : AR : Arbre; DG : Deigné; DN : Dinant; ES : Esneux; FL : Florzé; HU : Huy; RE : Remouchamps; SP : Sprimont; TN : Tournai; WE : Wellin.

L'exemple de ces deux grottes non détectées par un réseau, pourtant dense, de forages montre qu'on n'est jamais trop prudent en milieu karstique (Vandenven,

1979; Nachtergaele et al., 1980). Certaines cavités souterraines ne se détectent pas au premier abord.

Les problèmes d'origine karstique risquent un jour ou l'autre d'être aigus lorsque des zones d'habitat ou, de façon générale, des zones constructibles sont dans des secteurs où le karst est actif. C'est le cas de nombreux lieux habités de Wallonie, celui par exemple du village de Sprimont, de son hameau de Florzé, du hameau de Deigné à Remouchamps, etc. Il n'est pas question d'arrêter toute activité humaine à proximité des sites karstiques (Ek, 1982). Mais il est clair qu'il est souhaitable d'éviter de construire encore en ces lieux, sauf en cas d'impérieuse nécessité. Et, en un tel cas, une étude préalable, puis des modes de construction adaptés sont hautement recommandables.

On voit que seule une cartographie analytique détaillée des phénomènes karstiques, cartographie impliquant un important travail de terrain, peut révéler et localiser les problèmes.

Un autre problème provient du déplacement et de l'évolution active de divers phénomènes karstiques. Après E. Van den Broeck, E. Martel et E. Rahir (1910), et à la suite du mémoire inédit de R. Michel (1972) sur l'évolution rapide des dolines et chantoirs du synclinal de Sprimont, C. Ek (1976) a mis l'accent sur la rapidité de l'évolution de la topographie karstique. Les dolines et les chantoirs apparaissent, se développent puis se combent, généralement remplacés par d'autres. De nombreux points d'enfouissement se sont déplacés de 100 m et davantage en trois quarts de siècle.

L'évolution naturelle déplace les points d'enfouissement de l'eau vers l'amont, mais un colmatage naturel (par des branchages, des feuilles mortes, des sédiments) ou plus souvent anthropique (remblais ou détritiques) peut provoquer un nouvel écoulement des eaux en surface (la perte étant obturée) et les eaux continuant vers l'aval vont réactiver d'anciennes pertes abandonnées.

Enfin, un dernier trait des phénomènes karstiques est la complexité de leurs relations avec les actions anthropiques.

Nous en prendrons trois exemples. A Esneux (Province de Liège), au hameau de Crèvecoeur, un cours d'eau souterrain provenant de l'enfouissement du ry de Gobry et du ruisseau de Rotys réapparaît en résurgence (voir localisation, ES, Fig. 1). En temps normal, la résurgence de Crèvecoeur, située au niveau même de l'étiage de l'Ourthe, présente un débit de quelques dizaines de litres à la seconde. Mais ce débit est très variable. En septembre 1998, des précipitations abondantes provoquèrent dans la région des crues et une montée des eaux souterraines. Le 20 du même mois, une résurgence de haut niveau, à une

dizaine mètres au-dessus du niveau de l'Ourthe, entra en action au-dessus du hameau de Crèvecoeur et des eaux sauvages s'écoulèrent impétueusement au fond du vallon sec de Crèvecoeur : il semble que la crue des eaux souterraines leur avait permis de trouver un exutoire supérieur. Mais, à peu près simultanément, une doline de 6 m de diamètre et de 6 m de profondeur s'ouvrait dans le hameau, dans le jardin même d'une des maisons et à un mètre seulement du bâtiment.

L'étude des dégâts mit cependant en évidence des facteurs humains : le cours d'eau souterrain a été partiellement canalisé dans un dalot, drain souterrain pavé de dalles et couvert de même; en outre, entre le lieu de l'effondrement et l'embouchure du drain dans l'Ourthe, la section du conduit souterrain artificiel montre un soudain étranglement et une grosse conduite d'eau placée ultérieurement a partiellement obturé et endommagé le drain souterrain. Il y a donc ici une influence anthropique indéniable qui a modifié les écoulements naturels et a peut-être provoqué une mise en charge de tout le réseau d'amont. Une modification d'un écoulement artificiel a ainsi pu se répercuter sur un drain karstique.

Au vu des investigations menées par la DGATLP avec l'appui scientifique de l'ULG, du CWEPSS et de la Faculté polytechnique de Mons, il semble que l'on assiste à une recrudescence des phénomènes karstiques en Région wallonne. Ainsi dans le Tournaisis, les études menées par O. Kaufmann et Y. Quinif (1998) montrent une relation entre la formation des effondrements karstiques et un abaissement général du niveau piézométrique de la nappe aquifère du Carbonifère. Cela résulte principalement du pompage excessif des sociétés de distribution d'eau et, d'une manière plus localisée, de l'exhaure effectuée dans les grandes carrières - ces activités favorisant le décolmatage de l'endokarst. Ce problème semble particulièrement inquiétant aux alentours de la Ville de Tournai et près du viaduc de la ligne TGV à Arbre.

Le troisième cas d'interférence des phénomènes karstiques avec les actions anthropiques se situe au pied du viaduc de Wellin qui surplombe le Ry d'Ave, où deux effondrements ont créé un vide total atteignant un volume de près de 250 m³; la rivière s'est enfouie dans l'un de ces gouffres lors d'une crue en avril 98. Cet incident a d'ailleurs provoqué l'intervention rapide du MET qui a remblayé le trou à l'aide de sacs de béton sans mesurer l'impact à moyen terme de ces travaux sur le réseau karstique souterrain. Une prospection géoélectrique du site vient d'être effectuée (O. Kaufmann, 1998) à la demande de la DGATLP par l'asbl Gren de la Faculté polytechnique de Mons. On observe une faible résistivité à la verticale de certains piliers du viaduc, ce qui suggère l'existence d'un important réseau karstique souterrain en partie colmaté

dont la hauteur pourrait atteindre 10 mètres à certains endroits. Il est impératif de mettre rapidement en oeuvre tous les travaux et les mesures en vue de garantir la sécurité des biens et des personnes empruntant l'autoroute E411. Des réunions rassemblant les différents partenaires (MET, DGATLP, universités, etc.) devront être programmées dans l'avenir en vue de mettre en place une stratégie à court et à moyen terme, car des effondrements karstiques pourraient se produire à la verticale dudit viaduc.

III. UNE CARTOGRAPHIE NOUVELLE DE LA REGION WALLONNE

A. Objet de la convention

Le cahier spécial des charges de l'étude initiée par la DGATLP, porte sur la réalisation d'une étude destinée à la cartographie numérique des contraintes physiques inhérentes au karst de la Région wallonne.

Afin de mettre en oeuvre le prescrit défini par l'article 136 du CWATUP, il y a lieu d'établir une cartographie des contraintes karstiques à l'échelle de la Wallonie. Pour faciliter la gestion des demandes de permis d'urbanisme, celle-ci serait établie à l'échelle de 1/10 000 sur structure Arc Info et Arc View.

B. La base de données

La base de données est composée des éléments suivants :

- *Le fond topographique IGN*

Chaque carte des contraintes physiques inhérentes aux régions karstiques de Wallonie est éditée à l'échelle de 1/10 000 avec le fond topographique de l'Institut géographique national. Les cartes topographiques à l'échelle de 1/10 000 ont été mises à disposition par la Région wallonne, sur support CD-ROM. Le fond topographique est imprimé en bistre de manière à faciliter la lecture des cartes. En effet, les essais de cartographie ont montré que le bistre permet à chaque élément de la carte de se détacher du fond, sans en altérer sa lisibilité, contrairement aux couleurs noires et grises.

- *L'Atlas du Karst wallon*

L'Atlas du Karst wallon, qui sert de base à la présente étude, inventorie pour chaque massif calcaire l'ensemble des phénomènes karstiques (près de 4 000 sites) et des rivières souterraines de Wallonie à partir d'une compilation de la littérature sur le sujet, d'un réseau de contacts locaux et d'observations réalisées directement sur le terrain au moment de sa réalisation (entre 1991 et 1996). Dans la mesure des informations à sa disposition, la CWEPSS tient cette base de données à jour et elle réactualise les informations.

- Les nouvelles cartes géologiques

Une douzaine de cartes géologiques viennent d'être éditées à l'échelle de 1/25 000 par la Région wallonne sur base de nouveaux relevés géologiques. A partir de ces nouvelles cartes géologiques, les nouvelles limites des roches carbonatées sont utilisées pour la délimitation des zones à risque potentiel. Elles contiennent également des données intéressantes, telles que les valeurs et direction des pendages des roches et la localisation des affleurements qui ont servi pour lever la carte géologique.

- Les plans de secteur

Des plans de secteurs sont extraites les limites des zones d'habitat et d'activités économiques, zones constructibles prescrites à l'article 46 du CWATUP, ainsi que leurs extensions qui deviennent des zones d'aménagement différé. Les limites des zones constructibles sont superposées au fond topographique et aux données de l'Atlas du Karst. Cette superposition des données permet de réaliser une première sélection des zones à observer (zones constructibles où sont localisés des phénomènes karstiques).

Les codes repris dans la sélection sont les suivants : 110: habitat; 111: habitat à caractère rural; 112 : parcs résidentiels; 120 : extension d'habitat; 121 : extension de l'habitat à caractère rural; 122: extension de parcs résidentiels; 210 : industrie; 220 : extension d'industrie; 310 : loisirs; 312 : loisirs et récréation avec séjour; 320 : extension de loisirs; 322 : extension de loisirs et récréation avec séjour.

C. Définition des zones de contraintes et leur représentation cartographique

- Les sites ponctuels

En aucun cas, il n'est indiqué de construire directement sur un site karstique ou sur un puits naturel et cela même si le site est comblé. Dès lors, tous les **sites karstiques** inventoriés, qui sont situés en zones constructibles, sont représentés par un sigle de couleur noire (indiquant la contrainte forte), dont le diamètre sera de 3 mm, à savoir 30 m au sol, la surface même du sigle correspondant à la zone de contrainte.

Ces 30 m de diamètre assurent que la localisation des sites karstiques implantés sur la carte, avec une tolérance maximale de 10 m, couvre bien le site ponctuel en question.

L'ensemble de ces différents points, faisant l'objet d'une vérification sur le terrain, les éventuelles erreurs de localisation excédant cette marge pourront être corrigées. Par ailleurs, si les dimensions d'un site ponctuel ou si un ensemble d'observations sur le terrain indiquent une direction spatiale à la contrainte (c'est notamment le cas pour les chantoirs avec le risque de leur recul), une zone d'extension pourra être définie autour du point lui-même dans la direction concernée. Le sigle sera entouré d'un cercle orange (contrainte faible) d'un diamètre de 6 mm, soit 60

mètres d'emprise au sol.

En cas de regroupement de dolines, si elles sont distantes de moins de 30 m, les zones rouges et oranges seront unies et si elles sont distantes de moins de 60 m, la zone orange sera unie.

- Les sites dont le périmètre est supérieur à 30 mètres

L'Atlas du Karst représente par ailleurs certains phénomènes karstiques étendus. Il s'agit essentiellement de chantoirs et de dolines dont le diamètre en surface excède 30 m. Dans ce cas, c'est une zone de 30 m autour de cette limite qui devra être prise comme limite de contrainte. En fonction de l'importance (notamment de la profondeur et de l'état plus ou moins actif) du site, cette zone pourra être mise en zone de contrainte forte ou faible.

Une **cavité** provoque une faiblesse dans la structure de la roche encaissante et donc une contrainte physique. D'autre part, la présence de cavités est souvent l'indice de l'existence d'un karst structuré dont il faut tenir compte dans l'évaluation de la vulnérabilité de l'aquifère. Par conséquent, on définit une zone de contrainte potentielle pour toute surface se trouvant à la verticale d'une galerie.

Après des études plus approfondies de différents paramètres, tels la distance plafond-surface, la fracturation de l'encaissant, la forme des galeries, le cartographe peut être amené à dessiner des zones de contrainte établies au-dessus de ces mêmes galeries.

- Les puits naturels

Dans le cadre de cette étude ne seront repris que les puits naturels du Tournais (pseudo-endo-karst masqué par des terrains de couvertures). Les puits du Houiller, n'ayant aucun rapport avec des phénomènes karstiques, ne seront pas traités dans cette étude.

Les études en cours montrent que l'apparition des puits naturels est facilitée, en outre, par le dénoyage des calcaires. Ce dénoyage est dû à l'abaissement de la nappe aquifère, lui-même dû à un pompage trop important des réserves d'eau.

On a donc défini une zone de contrainte potentielle (orange) pour toute surface où le toit du calcaire est dénoyé de plus de 10 mètres. Un autre paramètre important dans l'évaluation du risque est la densité d'effondrement. Si celle-ci est ≥ 1 unité/km², on aborde une zone orange. Si celle-ci est ≥ 15 unités/km², une zone rouge est définie.

- Les sites souterrains d'intérêt scientifique

Les critères généraux utilisés pour l'évaluation de l'intérêt scientifique des sites et pour leur affectation en zone de protection sont :

- la rareté absolue ou relative des phénomènes, des biotopes et des espèces vivantes;
- la diversité des "phénomènes", des biotopes ou des espèces. Exemple de diversité des phénomènes : un même site, ou ensemble de sites, peut être à la fois un

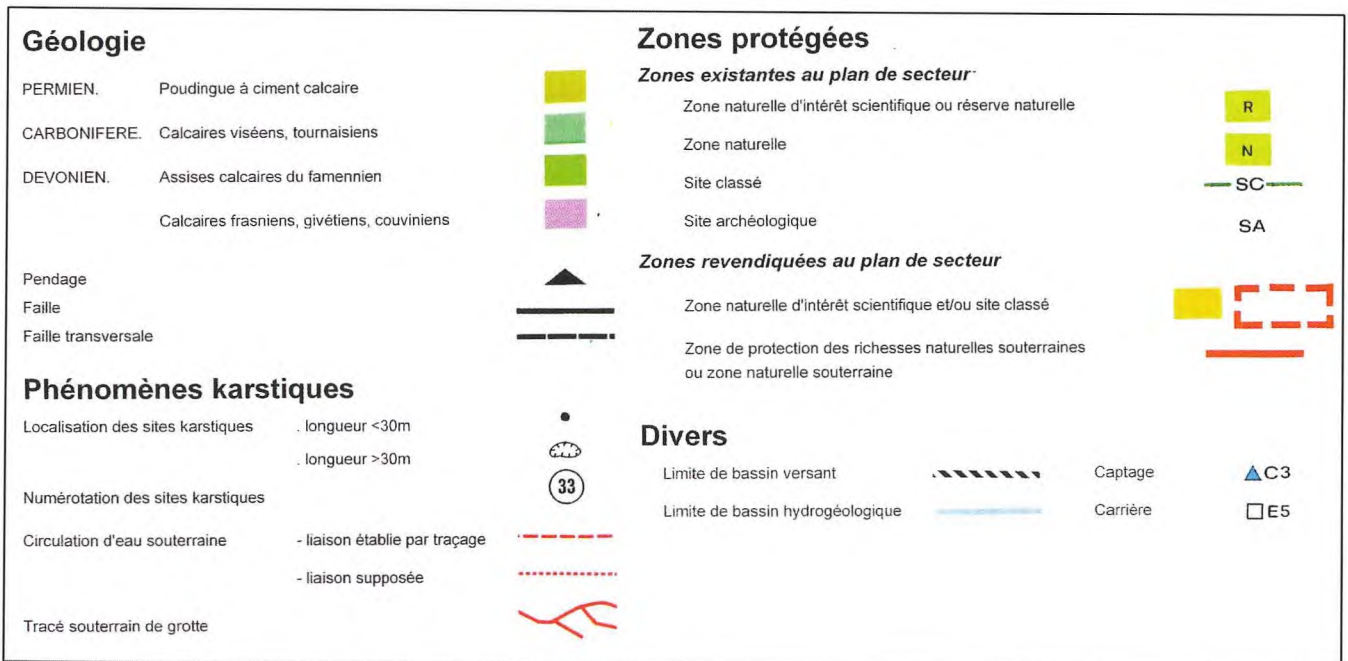
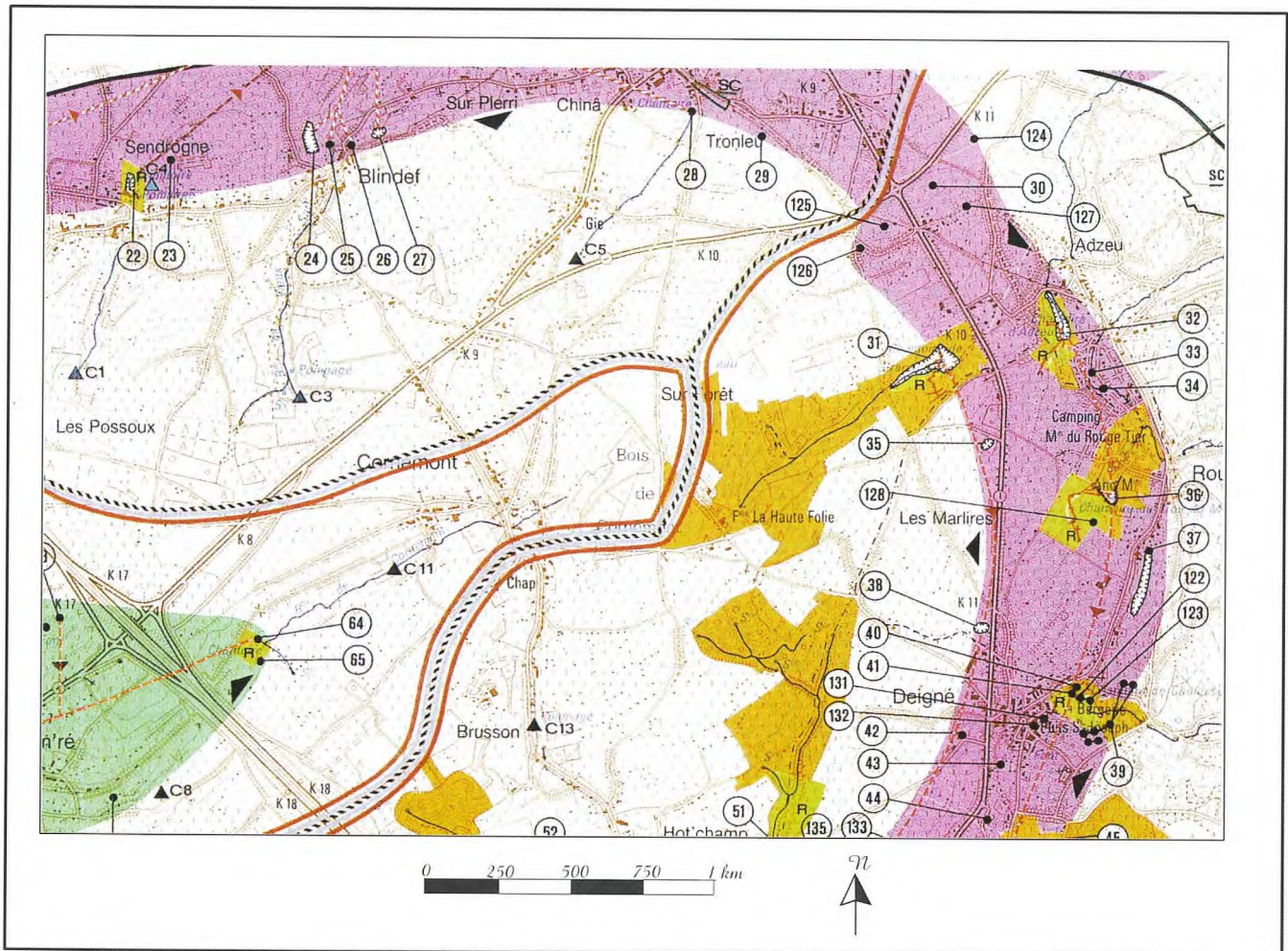


Planche I - Extrait d'une carte de l'Atlas du Karst wallon.

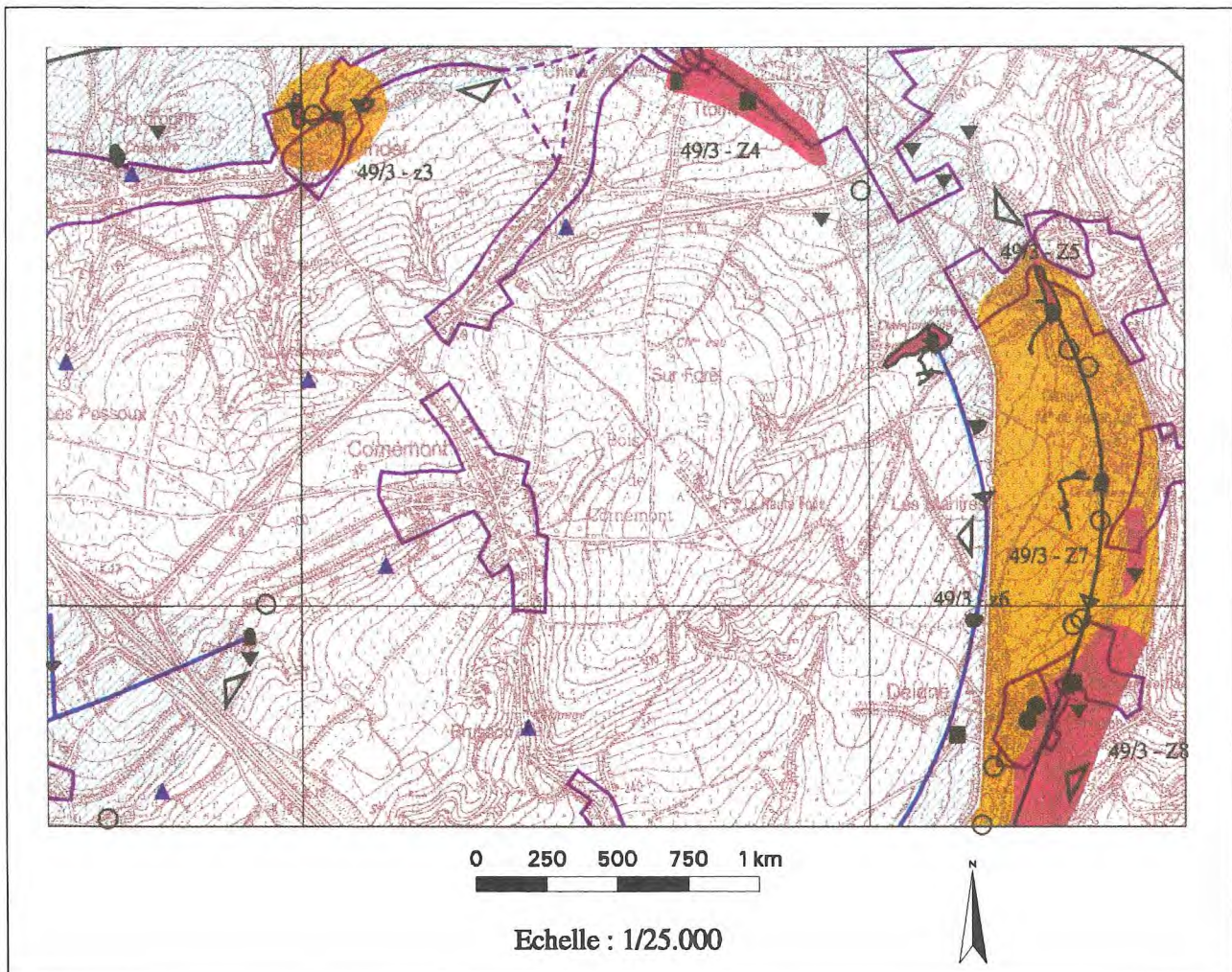


Planche II - Extrait d'une carte de l'Atlas des contraintes karstiques.

habitat préhistorique, un biotope où vivent de multiples espèces, un témoin d'ancien niveau de circulation d'eau, un gisement paléontologique, etc.;

- l'abondance, la concentration de phénomènes, de biotopes ou de faune;
- les dimensions du site;
- la valeur de référence du site.

C'est l'ensemble de ces critères qui est pris en considération d'une manière générale, ce qui n'exclut pas la prépondérance de l'un ou l'autre critère dans le processus d'évaluation.

La planche II montre un extrait de la planchette 49/3 : les environs de Deigné. Les zones calcaires sont représentées en bleu pâle. Ici, les calcaires dévonien n'ont pas été distingués des calcaires dinantiens, car ils ne présentent pas de différence remarquable concernant les types de phénomènes karstiques observés. Les zones de contraintes karstiques ont été mises en évidence par des teintes vives; on a distingué les contraintes karstiques fortes des faibles.

D. Collecte des informations indispensables à la délimitation des zones de contraintes

- *Les documents d'archives inédits sont également consultés pour déterminer les zones de contraintes, à savoir :*

- les archives du Service géologique de Belgique;
- les photographies aériennes et orthophotoplans;
- des prospections géophysiques;
- les comptes rendus de prospections spéléologiques;
- les mémoires et travaux spécifiques en géomorphologie et en géologie;
- les observations et les inventaires non publiés de phénomènes karstiques;
- la bibliographie : il s'agit des publications concernant tous les aspects des phénomènes karstiques pouvant entraîner des dommages dans des zones d'urbanisation.

- *Investigations de terrain*

- les contacts avec les communes

Un courrier a été envoyé aux communes sur le territoire desquelles des phénomènes karstiques sont observés en zone constructible. Elles sont interrogées afin d'obtenir, de la part des services de l'urbanisme ou des travaux, des renseignements complémentaires sur la présence éventuelle d'effondrements, même de dimension modeste, dont nous n'aurions pas eu connaissance et qui auraient été remblayés dans un passé plus ou moins lointain.

- les contacts avec les équipes spéléologiques locales
- Le réseau de contacts dans le milieu de la prospection spéléologique nous offre des informations intéressantes sur l'évolution de certains sites, sur le développement des cavités qui pourraient affecter les zones constructibles et sur l'ouverture de certaines dépressions.

- les observations de terrain

Sur base de ces différents renseignements, nous déterminons, sur la carte de travail, les zones présentant une contrainte potentielle. La visite de terrain permet par la suite d'en faire un état des lieux actualisé et d'en définir les limites avec plus de précision sur base de certaines observations.

Lors de ces visites de terrain, nous avons enfin l'occasion de rencontrer les propriétaires de certains terrains qui présentent (ou présentaient) des phénomènes karstiques. Leurs témoignages offrent souvent des données complémentaires quant à l'évolution d'un phénomène.

E. Organisation de la base de données

La base de données relatives aux contraintes physiques liées au karst est organisée en Système d'Information géographique (SIG) Chaque élément de la base de données (géologie, phénomènes karstiques, écoulements d'eau souterrain...) provient de la numérisation de l'Atlas du Karst et est placé dans une couche d'information. Les surfaces correspondant aux zones de contraintes géotechniques karstiques, définies par les cartographes, sont également digitalisées et intégrées dans une couche d'information géographique.

Chaque couche (ou *layer*) est géoréférencée dans le système de projection cartographique Lambert belge. De cette façon, toutes les couches de la base de données peuvent être superposées les unes aux autres. Dès lors, il est possible d'établir des correspondances spatiales entre les différentes couches (calculs statistiques, analyse spatiale...).

Une telle base de données présente les intérêts suivants

- la mise à jour et la correction de la base de données sont facilitées grâce à la rapidité d'exécution et à la flexibilité de l'outil informatique;
- comme déjà signalé plus haut, elle offre la possibilité de croiser les couches d'information;
- elle permet également la réalisation automatique des cartes de contraintes servant de base à la décision. L'automatisation est nécessaire vu la quantité de cartes au 1/10 000 à produire dans un délai très court (284 demi-planches pour l'ensemble du territoire de la Région wallonne).

Toute la base de données est créée avec le logiciel Arc Info, ainsi que les cartes des contraintes karstiques. Cependant, l'ensemble des informations pourra être consulté avec le logiciel Arc View. Celui-ci permet de visualiser rapidement et de façon très conviviale, en entier ou en partie, les informations.

Un numéro sera attribué à chaque zone de contrainte karstique. Ce numéro est constitué de la manière suivante : le numéro de la planche au 1/10 000, la lettre Z pour les contraintes fortes et z pour les contraintes

faibles, le numéro d'ordre de la zone et celui du carré dans lequel elle se situe (exemple : 41/8 - Z1 — carré b4). Ce numéro permettra de repérer la zone de contrainte géotechnique et renverra le lecteur à la fiche descriptive du site. Il permettra également de créer un lien informatique entre la zone de contrainte visible sur écran Arc View et cette fiche descriptive. En sélectionnant à l'écran la zone concernée, il sera possible de faire apparaître la fiche du site, ainsi qu'une photo, lorsqu'elle existe.

Le fiche descriptive reprendra le numéro du site, son nom, une présentation générale du contexte géologique, une description des contraintes, une justification de la délimitation de la zone et une proposition d'aménagement.

Cette approche donne la possibilité au décideur de consulter la base de données très rapidement, sans devoir manipuler un nombre considérable de documents cartographiques et de dossiers. L'archivage de l'information est regroupé sur 2 CD-ROM, d'où une très faible occupation de l'espace de stockage et une grande stabilité de l'enregistrement dans le temps.

EN CONCLUSION : LES ENJEUX ET LES PERSPECTIVES

Une gestion intégrée et responsable de l'aménagement du territoire doit tenir compte de toutes les contraintes naturelles. Les inondations constituent le plus grand aléa en terme d'intervention du Fonds des Calamités - coût évalué à 5 milliards pour le budget de l'Etat lors des inondations de septembre 98 - mais aussi en terme d'impact sur les communes et les populations. Cependant, il ne faut pas oublier que 30 % de la superficie de la Région wallonne possède un bedrock calcaire où l'activité karstique peut causer des dégâts très importants aux biens, aux personnes et aux infrastructures publiques.

Les aléas liés aux risques naturels peuvent engendrer des coûts importants pour la collectivité. Eu égard à la récurrence des inondations, le budget prévu par le Fonds des Calamités n'est pas toujours suffisant pour indemniser les riverains, ce qui peut remettre en question certaines politiques destinées à d'autres secteurs, par exemple la sécurité sociale et l'emploi, vu la politique de rigueur budgétaire appliquée depuis cinq ans par le Gouvernement belge. Par ailleurs, l'intervention du Fonds des Calamités n'est pas illimitée dans le temps. Dès lors, il y a lieu de mener une politique d'aménagement du territoire " responsable " destinée à limiter ces risques naturels en refusant des permis d'urbanisme dans les zones sensibles, mais cela n'est pas toujours bien perçu par les propriétaires privés ayant acquis - souvent à bas prix - des terrains dans des zones à risques. L'absence de clarté des pratiques de certains notaires dans ce domaine n'est pas toujours conforme à la déontologie.

L'aménagement du territoire se trouve au carrefour de divers centres d'intérêts souvent contradictoires. Vu son caractère conflictuel, il ne sera jamais très porteur au point de vue électoral pour les Ministres qui vont se succéder à la tête de ce Ministère.

Mais c'est le rôle des responsables politiques de résister à tous les lobbies et de mettre tout en oeuvre en vue de garantir un développement durable en Région wallonne.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient la Direction générale de l'Aménagement du Territoire, du Logement et du Patrimoine (DGATLP) de la Région wallonne pour avoir pu publier ces considérations sur une cartographie nouvelle rendue possible par la convention entre la Région wallonne et l'Université de Liège, convention à laquelle sont associés le Laboratoire de Géologie fondamentale et appliquée de la Faculté polytechnique de Mons et la Commission wallonne d'Etude et de Protection des Sites souterrains. La gratitude des auteurs va aussi, pour la qualité de leur collaboration technique et de leur appui logistique, à MM. R. Ancion (dessin) et J.-L. Genicot (projet Prime, travail de terrain et laboratoire de géographie) et à Mmes N. Lousberg et J. Vanharen (traitement de texte, mise en page).

BIBLIOGRAPHIE

- COMMISSION WALLONNE D'ETUDE ET DE PROTECTION DES SITES SOUTERRAINS, 1992-1997. *Atlas du Karst wallon, Province de Namur : 4 tomes. Province de Luxembourg : 2 tomes. Province du Hainaut : 2 tomes. Province de Liège : 3 tomes. Annexes : cartes à 1/25 000.* Edité par la Commission wallonne d'Etude et de Protection des Sites souterrains (CWEPS).
- EK C., 1976. Les phénomènes karstiques, 137-157. PISSART A. (éd. sc.), *Géomorphologie de la Belgique, Hommage au Professeur P. Macar*, Université de Liège, 224 p.
- EK C., 1982. L'eau dans le vallon des Chantoirs. Une leçon sur les collaborations nécessaires. *La protection des eaux karstiques, Journée d'Etude*, SNDE et CPSS, Bruxelles, 59-64.
- EK C. & CLOSSON D., 1997. Le Karst en tant que contrainte physique en aménagement du territoire. Exemple de la commune de Sprimont (Belgique). *Proceeding of the 12^e International Congress of Speleology*, La Chaux-de-Fonds, Switzerland, 1, 322.
- EK C., MICHEL R. & CLOSSON D., 1996. The karstic features of Sprimont (Belgium), a case study in planning land-use in a karst area. *41st Midwest Groundwater Conference, Abstracts*, 86.
- EK C., MICHEL R., MOUSNY V. & CLOSSON D., 1997. The dynamics of the karstic features of Sprimont (Belgium) and its consequences on the land-use planning. *12^e Congrès international de Spéléologie*, 1997.

- KAUFMANN O., 1998. *Prospection géophysique à proximité du viaduc autoroutier enjambant le Ry d'Ave à Wellin. Rapport d'une étude commandée et financée par la DGATLP*, Gren asbl, octobre 98, 30 p. (inédit).
- KAUFMANN O. & QUINIF Y., 1997. *Cover-collapse in the "Tournaisis" area, southern Belgium. The engineering geology and hydrogeology of karst terranes*, Beck et Stephenson (eds), Balkema, Rotterdam, 41-47.
- MICHEL R., 1971. *Le vallon de Sprimont à Chanxhe. Etude géomorphologique d'un synclinal calcaire*, Mémoire de Licence en Sciences géographiques, Université de Liège, 172 p. (inédit).
- MICHEL R., 1998. Le karst : une contrainte pour l'aménagement du territoire en Wallonie. *Les cahiers de l'urbanisme*, DGATLP, 21, 42-54.
- PISSART A. & CLOSSON D., 1998. L'aménagement du territoire et les contraintes du milieu physique. *Bull. Soc. Géogr. Liège*, 34, 29-43.
- NACHTERGAELE R., MATHIEU L., LATOUR F., WOUTERS M., GABY V & VANDENVEN G., 1980. Le viaduc de Remouchamps. *Annales des Travaux publics de Belgique*, 5, 415-452.
- SOCIETE SPELEOLOGIQUE DE WALLONIE, 1982. *Inventaire spéléologique de Wallonie*, Edité par la Société Spéléologique de Wallonie, Liège, 521 p.
- VAN DEN BROECK E., MARTEL E. & RAHIR E., 1910. *Les Cavernes et les Rivières souterraines de la Belgique*, 2 tomes, Bruxelles, 1750 p.
- VANDENVEN G., 1979. *Autoroute E9. Etude géologique du viaduc de Remouchamps*, Service géologique de Belgique, Professional Paper, 127 p.
- WALTHAM A.C., VANDENVEN G. & EK C., 1986. Site investigation on cavernous limestone for the Remouchamps Viaduct, Belgium. *Ground Engineering*, 19 (8), 16-18.

Adresse des auteurs :

Camille EK et Annick JASPAR
 Département de Géographie physique
 Université de Liège
 Sart-Tilman, B 11
 B — 4000 Liège

Raymond MICHEL
 Direction générale de l'Aménagement du Territoire,
 du Logement et du Patrimoine
 1, rue des Brigades d'Irlande
 B — 5100 Namur