

Esquisse d'une chronologie des phénomènes karstiques en Belgique

par **Camille EK**
chef de travaux
à l'Université de Liège
et **Eddy POTY**
premier assistant
à l'Université de Liège

RESUME. — *La karstification des formations carbonatées de Belgique s'est produite de tous temps. Les plus anciennes de ces formations datent du Dévonien, et dès le Dévonien se manifestent des dissolutions karstiques. Au Dinantien, des grottes furent comblées par des dépôts marins. Le Mésozoïque vit entre autres la formation de vastes puits naturels où furent engloutis des Iguanodons. Durant le Tertiaire se formèrent de grands lapiés et de vastes dépressions karstiques. Le Quaternaire vit le creusement de grottes étagées au flanc des vallées. Actuellement, les pertes reculent, la dissolution y est active, des dolines se forment.*

SUMMARY. — *Limestone formations in Belgium have always been subject to karst solution. In Devonian limestones, the oldest Belgian ones, the first karst phenomena occurred in Devonian times. Some fossil caves recently discovered in Devonian limestones display a Carboniferous marine fill. In Mesozoic times, giant reptiles, the Iguanodons, were trapped in collapse dolines. Grints and karst depressions occurred in Tertiary times, whereas subhorizontal caves were dug out of the valley sides during Quaternary. To-day, in some places, swallow-holes and dolines are evolving fast.*

Introduction

Les roches carbonatées de la Belgique présentent de nombreux phénomènes karstiques, dont certains sont encore très actifs actuellement. D'autres ne le sont plus, et leurs formes et leurs dépôts témoignent de conditions géographiques et climatiques

d'un autre âge. Certains sont fossiles et n'ont été découverts que par le creusement des carrières ou des travaux de génie civil. L'ancienneté de certaines formes et la pérennité des processus karstiques expliquent pourquoi certains réseaux souterrains, certaines formes superficielles, peuvent montrer une morphologie ou renfermer des sédiments sans rapport avec les conditions actuelles de leur environnement. On voit dès lors combien il importe, dans l'étude du karst, de rechercher l'âge des phénomènes observés.

L'objectif de cet article est de présenter l'état actuel des connaissances sur la succession des principales phases de karstification et de proposer un cadre chronologique à la spéléogenèse et à la morphogénèse de surface.

L'un de nous (E.P.) a rédigé le chapitre consacré aux phénomènes karstiques paléozoïques et mésozoïques, l'autre (C.E.) celui des phénomènes cénozoïques et actuels.

I. Le Paléozoïque et le Mésozoïque

Les paléoformes karstiques d'âges paléozoïque et mésozoïque reconnues en Belgique peuvent être classées suivant leur morphologie et leur genèse. C'est ainsi que seront distingués :

- les surfaces corrodées;
- les puits et dépressions;
- les réseaux souterrains (grottes).

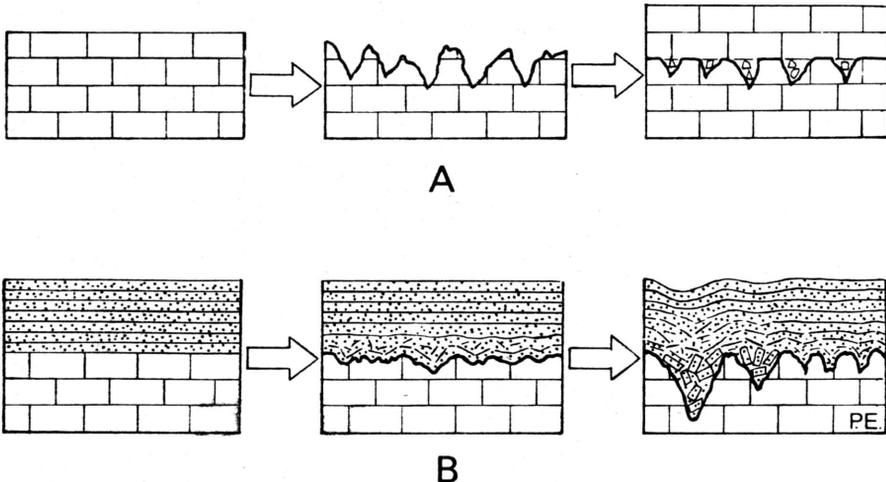


Figure 1. — Processus de formation et de remplissage de surfaces corrodées, formées à l'air libre ou sous un sol de faible épaisseur (A) ou en profondeur au contact d'une roche insoluble (B). Dans le premier cas, la surface corrodée peut être remplie par des dépôts résultant d'une reprise de la sédimentation (auxquels s'ajoutent des débris provenant directement des parois du karst). Dans le second cas, la surface corrodée est remplie par les débris formés par le foudroyage des roches sous-jacentes. d'après WRIGHT (1982) modifié.

A. *Les surfaces corrodées*

Des paléokarsts affectant des calcaires ou des dolomies sur de vastes étendues mais sur une faible profondeur peuvent être considérés comme d'anciennes surfaces corrodées. WRIGHT (1982) y distingue celles formées à l'air libre ou sous un sol, de celles résultant d'une altération souterraine (fig. 1). Les premières peuvent être interprétées comme étant des *paléolapiés* formés lors de phénomènes d'émersion. Ils sont habituellement comblés par des dépôts dus au retour de la sédimentation marine, auxquels s'ajoutent des éléments bréchiques provenant de la destruction mécanique du relief karstique et, parfois, de la calcite cristallisée. Certaines formes de cette dernière (calcite palissade) sont interprétées par SWENNEN *et al.* (1981) comme des pseudomorphoses de gypse. A ces paléolapiés correspondent les paléokarsts décrits par EK (1976) dans le Frasnien moyen de la grotte de Remouchamps, par DELEPINE (1911) et PIRLET (1970) au sommet des dolomies tournaisiennes, dans le bord oriental du bassin de Namur, et par PIRLET (1970) au sommet du Viséen moyen dans la vallée du Samson (bord méridional du bassin de Namur). Les secondes apparaissent le plus souvent au sommet de roches solubles situées directement sous d'autres, insolubles et plus ou moins perméables (grès, schistes,...). Leur formation, intervenant après le dépôt de la couverture non soluble, en a généralement provoqué l'effondrement et les débris emplissent de ce fait les cavités sous-jacentes. A ce type de surface corrodée, dont l'âge ne peut être estimé de façon précise, correspondent en partie les paléokarsts situés au sommet du calcaire viséen, immédiatement sous les calcaires silicifiés du « V3c supérieur » ou sous les grès et schistes namuriens.

B. *Les puits et les dépressions karstiques*

Des puits et des dépressions karstiques attribués au Paléozoïque et au Mésozoïque semblent procéder des mêmes conditions que celles qui ont prévalu lors du creusement des formes décrites ci-dessus dont ils se distinguent essentiellement par leur plus grande ampleur. De ce fait, il convient également de séparer les puits et les dépressions formées au départ de la paléosurface de ceux formés à plus ou moins grande profondeur.

Aux premiers correspondent l'immense dépression d'âge mésozoïque dans laquelle furent enfouis les iguanodons à Bernissart (CASIER, 1978; NORMAN, 1980), le puits naturel décrit par LEFEBVRE et LEGRAND (1964) à Strépy-Bracquegnies et la dépression décrite par PIRLET (1967) au sommet du Tournaisien entre Huy et Namur. Ces cavités furent jadis comblées par des sédiments meubles, actuellement plus ou moins indurés.

Aux secondes formes, résultant de dissolutions profondes, correspondent les puits et dépressions qui apparaissent fréquemment au sommet des calcaires viséens et qui résultent de l'accentuation des paléosurfaces corrodées décrites précédemment. Ces derniers paléokarsts ont été comblés par les débris provenant de l'effondrement des terrains surincombants auxquels peuvent s'ajouter des minéralisations diverses et des argiles. Certaines de ces formes ont été décrites par CALEMBERT (1945b) dans le massif de Visé et par THOREZ et VAN LECKWIJCK (1967).

La poche de brèche d'une quarantaine de mètres de diamètre décrite à Marchempré par CALEMBERT et VAN LECKWIJCK (1943) et PIRLET (1970), et

interprétée par ces auteurs comme ayant une origine karstique, pourrait être due à des phénomènes d'effondrement, en relation avec la dissolution de dépôts évaporitiques sous-jacents (« solution collapse breccia »).

C. *Les réseaux souterrains*

La formation de réseaux karstiques souterrains implique une circulation aquatique plus importante que celle habituellement requise pour la formation des surfaces corrodées, des puits ou des dépressions karstiques. La présence de fissures, conduits et salles est caractéristique de ce type de réseau. A ce type de karst pourraient appartenir les cavités profondes attribuées au Paléozoïque supérieur décrites par HARZE (1904) dans le Calcaire Carbonifère du gîte métallifère du Dos, à Engis, à plus de 120 m sous le niveau de la Meuse, et par GRAULICH (1954, 1963) dans le sondage de Wépion, à plus de 800 m sous le niveau de la mer. Ces cavités ne renfermaient apparemment pas de dépôt sédimentaire et l'attribution de leur formation au Paléozoïque ne repose en fait sur aucun élément déterminant. Remarquons que la première de ces cavités, située au sommet des calcaires viséens, sous leur contact avec les schistes et grès namuriens, pourrait constituer le prolongement profond d'un réseau complexe de grottes d'âge quaternaire affectant le même niveau stratigraphique et connues à l'affleurement.

Les seules cavités attribuables avec certitude au Paléozoïque ont été décrites dans la région de Visé par POTY, 1980, 1982 (fig. 2). Ces cavités affectent les calcaires de la Formation de Lustin (Frasnien moyen) et consistent en fissures de quelques centimètres à plusieurs décimètres de largeur, subperpendiculaires à la stratification, et en diverticules de dimensions semblables, subparallèles à cette même stratification. Des encroûtements de phosphate de calcium tapissent localement leurs parois. Ces cavités furent comblées par des dépôts marins du Tournaisien supérieur-Viséen inférieur (datation basée sur leur contenu micropaléontologique), ce qui, compte tenu de diverses observations géologiques (POTY, 1982), permet de placer leur creusement dans la période comprise entre la base et le sommet du Famennien. De la calcite zonaire occupe les zones des cavités non atteintes par la sédimentation. Ce réseau karstique s'est développé à partir de diaclases de distension formées lors de l'émergence du massif de Visé à la limite Frasnien-Famennien. Des conduits karstiques, dont certains ont été décrits par DAMIEAN (1956), sont aussi localement présents dans les dolomies du sommet du Tournaisien, dans la partie orientale du bassin de Namur. Ces conduits sont situés à quelques mètres sous et en relation avec le paléolapié qui couronne le Tournaisien dans cette région (voir plus haut). Ils sont, tout comme ce dernier, remplis par des calcaires crinoïdiques plus ou moins bréchiques du Viséen inférieur, ou par de la calcite palissadique.

Les formations d'un aven fossile en Thiérache et de la grotte de l'Agouloir à Châtelet ont été considérées comme pré-Crétacé respectivement par WATERLOT (1953) et FOURNEAU (1972) en raison des sédiments wealdiens et cénomaniens que ces cavités renfermaient — sédiments crétacés peut-être remaniés au Cénozoïque ?

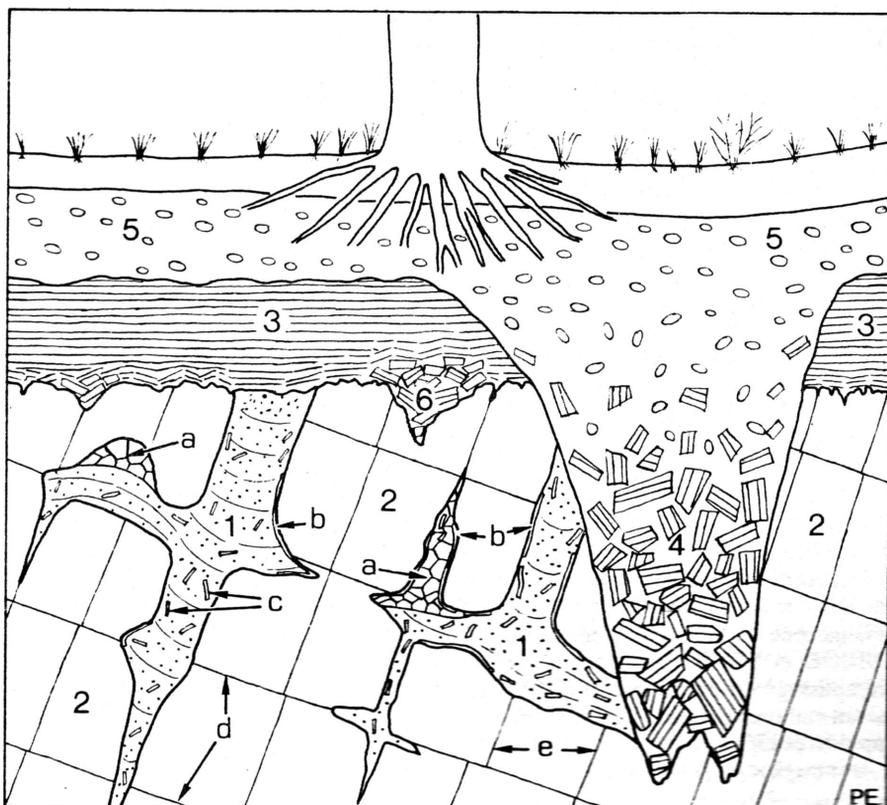


Figure 2. — Coupe schématique et idéalisée d'un versant rocheux du vallon de Souvré (Visé).

1 : Cavités karstiques d'âge probablement famennien, remplies de calcaires microbréchoïdes marins d'âge Tournaisien supérieur-Viséen inférieur. a : parties de cavité libres de sédiments marins et comblées par de la calcite sparitique zonaire (« Geopetal Fabric »); b : encroûtements de fluoroapatite sur certaines parois des cavités; c : encroûtements de fluoroapatite arrachés des parois et remaniés lors du remplissage sédimentaire des cavités au Tournaisien supérieur-Viséen inférieur.

2 : Calcaires de la Formation de Lustin (Frasnien moyen). d : joints de stratification; e : diaclases de distension; c'est à partir de ces joints et de ces diaclases que se sont formées les cavités karstiques famenniennes.

3 : Calcaires silicifiés d'âge Viséen supérieur (« V3c supérieur ») discordants sur le calcaire frasnien et sur les cavités préviséennes.

4 : Puits karstique quaternaire remaniant les calcaires silicifiés du Viséen supérieur et une haute terrasse mosane. Ce puits résulte vraisemblablement de l'accentuation d'un « karst profond » formé à partir de la surface de contact entre les calcaires frasniens et les calcaires silicifiés du Viséen supérieur.

5 : Terrasse mosane.

6 : Surface corrodée développée au contact Frasnien-Viséen supérieur et montrant localement de petites poches d'effondrement.

II. Le Cénozoïque et la période actuelle

A. *Le Tertiaire*

Les calcaires dinantiens du Condroz sont criblés de grandes dépressions karstiques fossiles remplies de sédiments tertiaires, au moins partiellement d'âge oligocène. Ces sédiments ont été étudiés à l'est de la Meuse de Dinant par CALEMBERT (1945a, 1954, 1959) qui a montré qu'ils étaient en partie contemporains d'actions de dissolution du calcaire, mettant ainsi en évidence que le Condroz a connu des phénomènes karstiques au Tertiaire. Le remplissage des poches a aussi été étudié par GULINCK (1967) puis, à l'ouest de la Meuse de Dinant, par GIROLIMETTO (1982), qui a montré que les dépôts marins oligocènes ont été remaniés et progressivement enfouis dans des dépressions karstiques lacustres au cours du Mio-Pliocène.

Déjà en 1910, VAN DEN BROECK, MARTEL et RAHIR avaient décrit dans la région de Couvin de vastes dépressions karstiques à parois verticales remplies de sédiments tertiaires : les Abannets de Nismes et de Couvin. Ces profondes poches fossiles, exhumées par l'exploitation du minerai de fer qu'elles contenaient, renfermaient à l'origine un remplissage qui avait débuté, d'après les auteurs cités, à l'Oligocène sinon à l'Eocène. Les mêmes auteurs, considérant que les dépressions étaient des abîmes comblés après coup, faisaient donc remonter le creusement avant l'Oligocène et éventuellement avant l'Eocène (*op. cit.*, pp. 247-258). Récemment, NICOD et FOURNEAU ont mis en doute cette interprétation et suggéré que le remplissage est une couverture effondrée dans les poches d'un lapié couvert qui se serait élaboré après la sédimentation oligocène (*in* EK et GRIMBERIEUX, éd., 1979, pp. 175 et 176).

FOURNEAU (1972) date de la fin du Tertiaire le gigantesque lapié aux creux profonds parfois de 10 m qu'il a découvert et étudié à Landelies et qui a été visible sur de nombreux hectares avant d'être grugé par une exploitation de calcaire (voir en particulier p. 33, *op. cit.*).

LECLERCQ (1925) considérait aussi l'abîme de Comblain-au-Pont comme tertiaire. SOUCHEZ (1963) pense de même pour diverses formes karstiques de la région de Couvin.

Le Tertiaire apparaît donc riche en phénomènes karstiques : dolines, dépressions lacustres, lapiés couverts, abîme (LECLERCQ, 1925), et peut-être ouvalas (CALEMBERT, 1959) et poljé (SOUCHEZ, 1963)... mais nous ne connaissons pas avec certitude de grotte importante, bien développée, fossile ou non, qui soit certainement tertiaire. Il est très probable que certaines parties de quelques grandes grottes datent de cette époque, mais la preuve nous en manque jusqu'ici.

B. *Le Pléistocène*

Les climats périglaciaires qui ont régné à plusieurs reprises sur la Belgique au cours du Pléistocène ont provoqué un important remblaiement des dépressions par la congélifluxion et le ruissellement (ALEXANDRE, 1957 et 1960). Du limon éolien et des matériaux arrachés aux versants ont ainsi colmaté des dépressions karstiques et obturé des entrées de grottes, comme l'ont mis en évidence dans diverses régions,

pour le Würm. FOURNEAU (1968), SERET et LAMBION (1968), DRICOT (1969), et d'autres. Il est probable que le même mécanisme a dû jouer aux périodes froides antérieures. En outre, les cavités ont pu être obturées, lors des périodes froides, par des bouchons de glace. PISSART a décrit les divers mécanismes possibles d'obturation des conduits souterrains, sous climat périglaciaire, montrant les conséquences du remblaiement périglaciaire, et envisageant aussi les effets du pergélisol, et ceux du gel des eaux courantes dans les pertes (*in* EK et GRIMBERIEUX, éd. 1979, p. 25). DRICOT (1969) a étudié la constitution d'un lac à la suite de l'obstruction du gouffre de Belvaux, à Han-sur-Lesse. QUINIF (1974) a décrit des phénomènes semblables à Javingue; il a montré le caractère général des effets des climats périglaciaires (QUINIF, 1977, p. 170).

Pourtant, EK (1957 et 1961) et FOURNEAU (1968) ont décrit des étagements de résurgences importantes qui, par leurs altitudes, ne peuvent dater que du Pléistocène. Il faut donc bien admettre qu'en général le colmatage n'a pas subsisté de façon permanente durant le Quaternaire. Ceci est confirmé par la morphologie des résurgences étudiées : ce sont de spacieux couloirs subhorizontaux s'ouvrant au flanc des vallées et que l'on peut remonter parfois sur de longues distances à Tilff, Esneux ou Remouchamps, par exemple. Ces galeries sont beaucoup plus larges et mieux caillonnées que les secteurs d'amont, proches des chantoirs, souvent de pénétration ardue. Or, actuellement, les eaux souterraines dissolvent moins près des résurgences que dans les parties proches des points de perte, et l'érosion mécanique est aujourd'hui trop modeste pour contribuer à expliquer ces couloirs. On sait que les réactions de dissolution sont deux fois plus lentes à 0 °C qu'à 10 °C; la corrosion s'exerçant alors plus progressivement peut donc, même si elle est modérée, agir plus loin vers l'aval en climat froid qu'en climat tempéré. La présence de cailloux roulés abondants a dû par moments y être considérable et donc aussi l'érosion mécanique.

Les résurgences quaternaires des flancs de vallée nous apparaissent donc comme des formes de climat froid, ayant connu temporairement des débits très importants.

L'âge périglaciaire de ces résurgences concorde du reste avec nos observations déjà anciennes (EK, 1957 et 1961) établissant une relation entre ce type de grottes et les terrasses fluviales (fig. 3).

C'est surtout au Pléistocène supérieur que s'observent de tels niveaux. Nous avons attribué cela au fait suivant : au début du Quaternaire, l'encaissement assez faible des grandes vallées permettait aux vallons affluents de suivre leur incision verticale progressive. Mais plus l'encaissement des rivières a augmenté, plus la circulation souterraine a été avantagée par rapport à l'écoulement subaérien dans les vallons calcaires affluents.

Il faut cependant signaler le conduit subhorizontal qui constitue la partie principale de la grotte fossile de la Belle-Roche à Sprimont : à l'altitude relative de 65 m au-dessus de l'Amblève, il semble bien en relation avec une très vieille terrasse de celle-ci et a fourni des ossements fossiles du Pléistocène moyen ancien, auxquels sont associés les témoins d'une industrie archaïque à galets aménagés (CORDY, 1981 et 1982).

Les données chronologiques précises au sein du Quaternaire sont encore assez rares en Belgique. Celles qui sont disponibles nous semblent confirmer l'idée d'une accentuation des phénomènes karstiques au fil du Pléistocène. Par spectrométrie α un plancher stalagmitique de la grotte de la Belle-Roche à Sprimont s'est avéré vieux de 350.000 ans au moins et plusieurs autres concrétions de grottes belges se sont révélées plus jeunes, datant du dernier interglaciaire et de la dernière glaciation

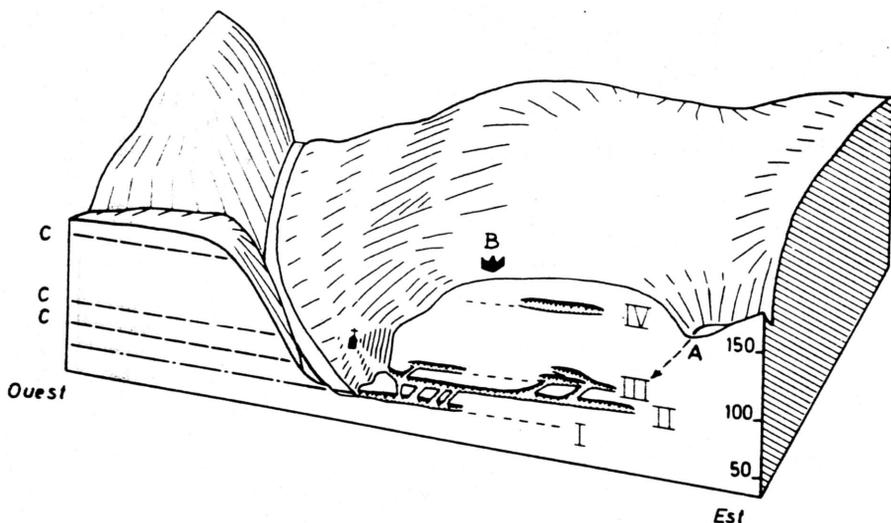


Figure 3. — Couloirs subhorizontaux étagés au flanc de la vallée de l'Ourthe, à Tilff : grotte Ste-Anne et grotte de Brialmont. Les altitudes des galeries de grottes correspondent à des niveaux de terrasses fluviales. A : perte de la Chawresse. B : château de Brialmont. C : niveaux de terrasses correspondant aux niveaux souterrains. I : étage inférieur de Ste-Anne. II : étage moyen. III : étage supérieur. IV : grotte de Brialmont.

(GASCOYNE, inédit, communication orale). Parmi une demi-douzaine de concrétions étudiées par GEWELT (inédit), seuls un plancher stalagmitique et une stalagmite semblent avoir, sur la base de leur très faible activité ^{14}C , plus de 30.000 ans, sans qu'il soit possible, par la seule méthode de comptage du ^{14}C par scintillation liquide, de préciser davantage. Les dépôts de la Grotte de la Vilaine Source, à Arbre, étudiés par QUINIF, DUPUIS, BASTIN et JUVIGNE (1979), se révèlent essentiellement vistuliens, sur la base de l'analyse des minéraux denses appuyée par des arguments palynologiques et sédimentologiques.

Pour caractériser de façon générale l'évolution géomorphologique des calcaires au Pléistocène, on peut dire qu'au karst tertiaire éparpillé sur les plateaux (qui étaient alors en partie des plaines), et présentant essentiellement de grandes dolines (« poches de dissolution »), des ouvalas, peut-être des poljés (SOUCHEZ, 1963), a succédé progressivement au Quaternaire un karst linéaire, avec des phénomènes mieux développés en profondeur, des grottes s'étageant au flanc des vallées et liées à leur incision et au rythme de leur évolution.

C. L'Holocène

Dès le début de l'Holocène, le réchauffement du climat et l'activité consécutive de la végétation ont favorisé le développement de tufs calcaires dans de nombreux vallons (GULLENTOPS et MULLENDERS, 1972). Pour GEURTS (1975 et 1976),

les grands massifs de travertin de fond de vallée se sont surtout développés de la fin du Préboréal à l'Atlantique avec un maximum durant le Boréal. Pour cet auteur, à l'accroissement de la température, qui tend à augmenter la sursaturation de l'eau, s'est jointe la production abondante d'humus et de CO_2 due à l'extension des forêts. Des dépôts holocènes étudiés à la Grotte d'Eprave par BASTIN, DUPUIS et QUINIF (1977) montrent que sous terre aussi la précipitation de calcite semble importante à l'Holocène alors que le dépôt de sédiments détritiques prédominait à la fin du Pléistocène. A la grotte de Remouchamps, une stalagmite étudiée par GEWELT (1981) semble montrer des variations de $\delta^{18}\text{O}$ qui peuvent être corrélées avec le Tardiglaciaire et le début de l'Holocène jusque dans le cours de l'Atlantique. Des datations de GEYH sur la même stalagmite semblent confirmer l'âge tardiglaciaire de la base de la concrétion (11175 ± 335 B.P.) et l'âge holocène de tout le reste de celle-ci (9940 ± 160 et 5055 ± 175 B.P.).

Les analyses polliniques de BASTIN (1978, 1982) ont fait faire à la connaissance des fluctuations climatiques de l'Holocène un grand pas en avant. Dans son dernier travail (1982) en particulier, il fait, sur la base de l'analyse de dix concrétions de grottes, une synthèse de la zonation palynologique de l'Holocène. L'expansion du concrétionnement souterrain dès le Préboréal, l'arrêt de ce phénomène ou son fort ralentissement au Subboréal, et sa reprise au Subatlantique, sont clairement mis en évidence, et confirmés par sept datations de GEYH étalées entre 9940 B.P. et 3155 B.P.

L'importance du concrétionnement à l'Atlantique, son interruption au Subboréal et sa reprise au Subatlantique ont aussi été mises en évidence par l'étude de trois carottages effectués dans une croûte stalagmitique de la Grotte de la Vilaine Source, à Arbre (BASTIN, DUPUIS et QUINIF, 1982). Le même travail a montré que ce concrétionnement suivait de peu une importante phase d'érosion datant probablement du début de l'Atlantique.

Des essais ont été faits par APERS *et al.* (1980) pour déterminer l'âge des stalagmites par résonance paramagnétique électronique (R.P.E.), mais n'ont pas encore abouti à des résultats probants.

Enfin, plusieurs mesures encore inédites de GEWELT (thèse de doctorat en cours) donnent à des stalagmites prélevées dans plusieurs grottes belges des âges compris entre 10.000 B.P. et la période actuelle.

D. *Les phénomènes actuels*

La période actuelle ne connaît pas que du concrétionnement : les processus karstiques sont, en bien des endroits, très actifs; c'est ainsi que la dissolution est énergétique dans certains chantoirs.

C'est à proximité des thalwegs surtout que l'on voit se développer des dolines. Dans la vallée de l'Escaut se développent de vastes « puits naturels », qui atteignent parfois plusieurs dizaines de mètres de diamètre et qui sont couramment profonds de dix mètres. En 1977, en un seul jour, vingt puits se sont ainsi formés, totalisant 8.000 m^3 de vide (DERYCKE, *in* EK et GRIMBERIEUX, éd., 1979, p. 28; voir aussi LEFEBVRE *et al.*, 1967). Les dolines et les pertes de rivières (souvent appelées en Belgique « chantoirs » ou « agolinas ») sont les phénomènes qui évoluent, en général, le plus vite à l'échelle historique. Au fond d'Hestroy, près de Godinne, au sud de

Namur, la perte du ruisseau du Fond del Vau a reculé de 400 m en 119 ans (de 1770 à 1889) puis de 200 m en 88 ans (de 1889 à 1977) : en tout, 600 m en deux siècles (DALEMANS, 1977, inédit).

Sous terre, la dissolution est, en Belgique, le plus actif des processus du karst, dépassant de loin, par la quantité de matières transportées, les dépôts solides. Mais cette dissolution est loin d'être répartie également au sein des karsts; elle est plus importante à l'amont, près des chantoirs, qu'à l'aval où les eaux, plus riches en calcaire dissous, sont moins agressives (EK, 1969 et 1973).

La précipitation de carbonate de calcium est importante par endroits dans les grottes. Aux résurgences s'observent parfois des précipitations de travertin. Celui-ci peut présenter un faciès meuble détritique, s'accumulant dans les zones peu turbulentes, et un faciès cohérent dans les cascades et les rapides; ce dernier faciès présente généralement un rubanement annuel (GEURTS, 1976).

Les effondrements ne sont pas rares dans le karst actuellement (PEL, 1967). Des dolines peuvent ainsi être provoquées par le sapement par des eaux de ruissellement s'enfouissant sous terre. Une autre cause de chutes de matériaux réside dans la cryoclastie, parfois active dans les grottes « froides » (celles qui se développent à un niveau inférieur à celui de leur entrée) et sur certaines parois calcaires (MICHEL, 1978). Une troisième cause de chute de débris peut résider dans le déséquilibre mécanique engendré au plafond de certaines salles par leur agrandissement. Ceci provoque actuellement des fissurations et des chutes de blocs parfois très volumineux.

Les processus karstiques sont, on le voit, importants actuellement en Belgique : dissolution active (KUPPER, 1975, a, b, et c), recul important des pertes, etc. Cette activité est surtout liée à la relative abondance de la pluviosité (de l'ordre d'un mètre par an), et au caractère tempéré du climat, favorable au développement de la végétation et, par conséquent, à la production de CO₂. Dans l'ensemble, l'eau s'enfouit et descend beaucoup plus vite que la surface du sol : c'est le propre d'un karst actif.

Conclusions

L'essentiel du creusement des cavités karstiques et du modelé karstique superficiel de la Belgique s'est fait dans des conditions climatiques et géographiques très différentes de la situation actuelle et l'importance relative des divers processus en jeu a dû beaucoup changer.

Des cavités et des reliefs karstiques ont évolué du Paléozoïque jusqu'à l'époque actuelle. Du Paléozoïque, nous connaissons surtout, semble-t-il, des lapiés littoraux et des grottes remplies de sédiments marins; du Mésozoïque, des puits naturels gigantesques. Le Cénozoïque nous laisse une abondante collection de phénomènes karstiques : vastes lapiés couverts et dépressions lacustres (probablement des ouvalas), auxquels succède au Quaternaire un karst souterrain de plus en plus développé, corrélatif en partie de l'encaissement des vallées, fonctionnant par intermittence au rythme des périodes glaciaires et interglaciaires, les premières donnant chez nous des climats périglaciaires, et provoquant le colmatage du karst souterrain. L'holocène et l'époque actuelle ont vu se produire une importante reprise de l'activité karstique : vidange des cavités, concrétionnement souterrain et dépôts de travertins, recul rapide des points d'enfouissement par décolmatage d'anciens conduits mais aussi dissolution active dans les parties d'amont des réseaux souterrains...

Chaque période semble ainsi nous avoir laissé un héritage karstique particulier dont le paysage superficiel et souterrain d'aujourd'hui est le résultat composite. Beaucoup de phénomènes ne sont pas encore datés, faute de repères chronologiques. Notre connaissance reste fragmentaire. Les mesures d'âge absolu, très rares jusqu'ici en Belgique, on l'a vu, sont heureusement en train de se multiplier et on peut espérer dans un avenir proche une importante moisson de datations de concrétions souterraines qui contribuera à compléter notre vue si partielle de l'histoire de la karstification des roches solubles de la Belgique.

Remerciements

M. M. GEWELT nous a beaucoup aidés dans la collecte des renseignements bibliographiques concernant les mesures d'âge absolu. Nous lui en sommes très reconnaissants.

Notre gratitude va aussi à M. B. BASTIN, A. OZER et Y. QUINIF qui ont relu le manuscrit et sont à l'origine de plusieurs améliorations du texte.

BIBLIOGRAPHIE

- ALEXANDRE, J. (1957), « Le modèle quaternaire de l'Ardenne centrale », *Ann. Soc. géol. Belg.*, 81, pp. M214-327.
- ALEXANDRE, J. (1960), « La succession probable des phases morphologiques au cours d'un cycle climatique quaternaire en Haute Belgique », pp. 63-72 in *Le Périglaciaire préwurmien*, Colloque international tenu à l'Université de Liège, Liège.
- APERS, D.J., DEBUYST, R., DEJEHET, F. et LOMBARD, E. (1980), « A propos d'un essai de datation par R.P.E. de concrétions calcaires de grottes belges », *Radiochem. Radioanal. Letters*, 45 (6), pp. 427-440.
- BASTIN B. (1978), « L'analyse pollinique des stalagmites : une nouvelle possibilité d'approche des fluctuations climatiques du Quaternaire », *Ann. Soc. géol. Belg.*, 101, pp. 13-19.
- BASTIN, B. (1982), « Premier bilan de l'analyse pollinique de stalagmites holocènes en provenance de grottes belges », *Revue belge de Géographie*, 106, pp. 87-97.
- BASTIN, B., DUPUIS, C. et QUINIF, Y. (1977), « Preliminary results of the application of Quaternary geological methods to speleogenetic studies of a belgian cave », *Proceedings of the 7th International Speleological Congress*, Sheffield, England, pp. 24-28.
- BASTIN, B., DUPUIS, C. et QUINIF, Y. (1982), « Etude microstratigraphique et palynologique d'une croûte stalagmitique de la Grotte de la Vilaine Source (Arbre, Belgique) : méthodologie et résultats », *Revue belge de Géographie*, 106, pp. 109-120.
- CALEMBERT, L. (1945a), *Les gisements de terres plastiques et réfractaires d'Andenne et du Condroz*, Liège, Vaillant-Carmanne.
- CALEMBERT, L. (1945b), « Le contact Namurien-Dinantien dans le massif de Visé », *Ann. Soc. géol. Belg.*, LXIX, 1, pp. B45-B60, fig. 1-5, pl. I-V.
- CALEMBERT, L. (1954), « Les formations tertiaires de la Haute Belgique », *Prodrome d'une description géologique de la Belgique*, Liège, pp. 510-532.
- CALEMBERT, L. (1959), « Contribution à l'étude du paléokarst en Belgique », *Acad. Roy. de Belgique, Bull. de la Classe des Sciences : 5^e série*, 45, pp. 15-37.
- CALEMBERT, L. et VAN LECKWIJCK, W. (1943), « Etude d'une brèche viséenne spéciale découverte à Marche-en-Pré (province de Namur). Comparaison avec les autres brèches du Calcaire Carbonifère de Belgique », *Ann. Soc. géol. Belg.*, 67, pp. M445-M470.

- CASIER, A. (1978), *Les Iguanodons de Bernissart*, Inst. royal des Sciences naturelles, Bruxelles, 166 pp.
- CORDY, J.-M. (1980), « Le Paléokarst de la Belle-Roche (Sprimont, Liège) : premier gisement paléontologique et archéologique du Pléistocène moyen ancien en Belgique », *C.R. Acad. Sc. Paris*, 291, série D, pp. 749-751.
- CORDY, J.-M. (1981), « Découverte d'un gisement karstique du Paléolithique inférieur à la carrière de la Belle-Roche, commune de Sprimont », *Activités 1980 du Service S.O.S. Foulles*, 2, pp. 92-98.
- DALEMANS, T. (1977), *La région de Godinne. Etude de géomorphologie karstique*, Mémoire en sc. géographiques, Univ. Liège, Inédit.
- DAMIEAN, G. (1956), « La sédimentation depuis la transgression dévonienne jusqu'au Viséen dans la région de Huccorgne (flanc nord du synclinal de Namur) », *Ann. Soc. géol. Belg.*, 79, pp. B365-382.
- DELEPINE, G. (1911), « Recherches sur le Calcaire Carbonifère de la Belgique », *Mém. et Trav. Fac. Cath. de Lille, fasc. VIII*, texte-fig, pp. 1-83, pl. I-XIV.
- DRICOT, J.-M. (1969), « Etude des sédiments à l'entrée du Gouffre de Belvaux (grottes de Han-sur-Lesse) », *Bull. Soc. belge Géol.*, 78, pp. 7-20.
- EK. C. (1957), « Les terrasses de l'Ourthe et de l'Amblève inférieures », *Ann. Soc. géol. Belg.*, 80, pp. B333-B354.
- EK. C. (1961), « Conduits souterrains en relation avec les terrasses fluviales », *Ann. Soc. géol. Belg.*, 84, pp. 313-340.
- EK. C. (1969), *Facteurs, processus et morphologie karstiques dans les calcaires paléozoïques de la Belgique*, Thèse de doctorat, Univ. Liège, Inédit.
- EK. C. (1973), « Analyses d'eaux des calcaires paléozoïques de la Belgique », *Professional Paper du Service Géologique de Belgique*, 18.
- EK. C. (1976), « Les phénomènes karstiques », pp. 137-157 in *Géomorphologie de la Belgique. Hommage au Professeur P. MACAR*, (ouvrage coordonné par A. PISSART), Liège.
- EK. C. et GRIMBERIEUX, J., éditeurs (1979), « Comptes rendus du colloque de karstologie appliquée, Liège, 24-27 mai 1979 », *Ann. Soc. géol. Belg.*, 102, pp. 1-180.
- FOURNEAU, R. (1968), « Les phénomènes karstiques de la région Marcinelle-Loverval », *Ann. Soc. géol. Belg.*, 91, pp. 387-392.
- FOURNEAU, R. (1972), « La Basse Marlagne calcaire. Etude géomorphologique », *Bull. Soc. Géogr. de Liège*, 8, pp. 23-67.
- GEURTS, M.A. (1975), « Formation des travertins post-glaciaires en Belgique », *Colloque sur les types de croûtes calcaires*, Strasbourg, pp. 76-79.
- GEURTS, M.A. (1976), « Genèse et stratigraphie des travertins de fond de vallée en Belgique », *Acta Geographica Lovaniensa*, 16, 87 pp.
- GEWELT, M. (1981), « Les variations isotopiques du carbone et de l'oxygène dans une stalagmite de la grotte de Remouchamps (Belgique). Méthodes et premiers résultats », *Ann. Soc. géol. Belg.*, 104, pp. 269-279.
- GIROLIMETTO, F. (1982), « L'origine des dépôts cénozoïques « Om » et « On » à l'ouest de la Meuse de Dinant », *Bull. Soc. Géogr. de Liège*, 18, pp. 49-57.
- GRAULICH, J.-M. (1954), « Une grotte traversée par le sondage de Wépion à 1.000 m de profondeur », *Bull. Soc. belge Géol.*, 63, pp. 113-118.
- GRAULICH, J.-M. (1963), « La phase sudète de l'orogénèse varisque dans le synclinorium de Namur à l'est du Samson », *Bull. Soc. belge Géol.*, 71, pp. 181-199.
- GULINCK, M. (1967), « Sur le caractère marin de certains sables des poches karstiques du Condroz », *Bull. Soc. belge Géol.*, 75, pp. 348-349.
- GULLENTOPS, F. et MULLENDERS, W. (1972), « Age et formation des dépôts de tuf calcaire holocène en Belgique », *Congrès et Colloques de l'Université de Liège*, 67, pp. 113-135.

- HARZE, E. (1904). « Une grotte dans le Calcaire Carbonifère. à plus de deux cents mètres de profondeur ». *Ann. Soc. géol. Belg.*, 31, pp. M161-M166, pl. VI.
- KUPPER, M. (1975a). « Recherches en Haute Belgique sur les vitesses de dissolution des calcaires soumis à l'action de l'eau de rivière ». *Annales de Spéléologie*, 30 (2), pp. 255-265.
- KUPPER, M. (1975b). « Recherches dans la région liégeoise (Belgique) sur l'altération des pierres calcaires exposées à l'air libre ». *Ann. Soc. géol. Belg.*, 98, pp. 165-176.
- KUPPER, M. (1975c). « Karst processes and relevant landforms ». *Int. Speleological Union. Commission on karst denudation*, Ljubljana, 1st-5th September 1975, pp. 127-135.
- LECLERCQ, S. (1925). « Sur un poudingue de grotte ». *Ann. Soc. géol. Belg.*, 48, pp. B314-B318.
- LEFEBVRE, G. et LEGRAND, R. (1964). « Les puits naturels du Tournaisis ». *Bull. Soc. belge Géol.*, 73, pp. 66-80.
- LEFEBVRE, G., LEGRAND, R. et MORTELMANS, G. (1967). « Essaim de puits naturels à Kain ». *Bull. Soc. belge Géol.*, 76, pp. 63-66.
- MICHEL, R. (1978). « Etude cryoclastique d'une paroi calcaire à Sprimont ». *Bull. Soc. belge d'Etudes géogr.*, 47, pp. 191-200.
- NORMAN, D.B. (1980). *On the ornithischian dinosaur Iguanodon Bernissartensis of Bernissart, Belgium*. Institut royal des Sciences naturelles, Bruxelles, mémoire 178, 105 pp.
- PEL, J. (1967). « Phénomènes géologiques et hydrogéologiques, causes de dégradations dans la commune d'Alleur ». *Ann. Soc. géol. Belg.*, 90, pp. B789-B802.
- PIRLET, H. (1970). « L'influence d'un karst sous-jacent sur la sédimentation calcaire et l'intérêt de l'étude des paléokarsts ». *Ann. Soc. géol. Belg.*, 93, pp. 247-254, fig. 1-4.
- POTY, E. (1980). « Evolution and drowning of Palaeokarst in Frasnian carbonates at Visé, Belgium ». *Meded. Rijks Geol. Dienst*, 32-7, pp. 53-55, fig. 1. 2, pl. 1, 2.
- POTY, E. (1982). « The Devonian and Dinantian of the Visé area. NE Belgium ». *Public. Nat. gen. Limb.*, XXXII (1-4), pp. 40-43, fig. 1-6.
- QUINIF, Y. (1974). « Contribution à l'étude des recoupements souterrains de méandres en Belgique ». *Ann. Spéol.*, 29, pp. 175-179.
- QUINIF, Y. (1977). « Essai d'étude synthétique des cavités karstiques de Belgique ». *Revue belge de Géographie*, 101, pp. 115-173.
- QUINIF, Y., DUPUIS, C., BASTIN, B. et JUVIGNE, E. (1979). « Etude d'une coupe dans les sédiments quaternaires de la Grotte de la Vilaine Source (Arbre, Belgique) ». *Ann. Soc. géol. Belg.*, 102, pp. 229-241.
- SERET, G. et LAMBION, J. (1968). « Erosion et remblaiement quaternaires dans le Vallon des Chantoirs (Louveigné-Remouchamps) ». *Ann. Soc. géol. Belg.*, 91, pp. 377-385.
- SOUCHEZ, R. (1963). « Le relief de la région Couvin-Nismes en tant que paléokarst de climat chaud et humide ». *Bull. Soc. belge d'Etudes Géographiques*, 32, pp. 269-280.
- SWENNEN, R., VIAENE, W., JACOBS, L. et VAN ORSMAEL, J. (1981). « Occurrence of calcite pseudomorphs after gypsum in the lower Carboniferous of the Vesdre Region (Belgium) ». *Bull. Soc. belge Géol.*, 90 (3), pp. 231-247, fig. 1, 2, pl. 1-5.
- THOREZ, J. et VAN LECKWIJCK, W. (1967). « Minéralogie des argiles dans une « poche de dissolution » au contact du Viséen et du Namurien dans la région d'Andenne ». *Ann. Soc. géol. Belg.*, 90, pp. B381-B394.
- VAN DEN BROECK, E., MARTEL, E. et RAHIR, E. (1910). *Les cavernes et les rivières souterraines de Belgique*, 2 T., Bruxelles, 1592 pp.
- WATERLOT, G. (1953). « Un aven fossile, sous revêtement crétacé, dans le Calcaire Carbonifère du Nouvion-en-Thiérache (Aisne) ». Lille, *Ann. Soc. géologique du Nord*, 72, pp. 3-13.
- WRIGHT, V.P. (1982). « The recognition and interpretation of paleokarsts : two examples from the Lower Carboniferous of South Wales ». *Journ. Sedim. Petro.*, 52, pp. 0083-0094, fig. 1-12.