

---

# GROTTES ET RIVIERES DES REGIONS CALCAIRES

CAMILLE EK

*“On peut faire des réserves sur la conception d’un “relief granitique”, d’un “relief gréseux”; aucune discussion n’est possible sur la légitimité de l’expression de relief calcaire”.*

Emmanuel de Martonne

## 1. L'ORIGINALITE DES REGIONS CALCAIRES

Autour de l'Ardenne comme dans le reste du monde, ce sont certes les grottes qui marquent le plus, aux yeux d'un chacun, l'originalité des régions calcaires. Sombre royaume des rivières souterraines, des concrétions fantasmagoriques, des éboulis inquiétants et des chauves-souris, les cavernes abondent dans les parages septentrionaux de l'Ardenne, de Dinant à Comblain-au-Pont. Elles jalonnent plus particulièrement sa bordure nord proprement dite, de Couvin à Remouchamps en passant par Pétigny, Beauraing, Han, Rochefort, Marche, Hotton, Sy, et bien d'autres lieux. Premier habitat connu de l'homme aux abords de l'Ardenne, il y a plus de trois cent mille ans, elles ont aussi été son ultime refuge dans des guerres récentes, et jusqu'en 1944 pour des résistants armés d'Esneux et d'ailleurs, comme pour des civils réfugiés à la grotte de Dinant par exemple.

Les grottes ne sont pourtant pas le seul trait caractéristique des régions calcaires. Les dolines (petites dépressions fermées) et les chantoirs (points d'engouffrement de l'eau sous terre), qui sont les abris traditionnels des nutons, sottais et autres nains de la mythologie ardennaise en même temps que les abreuvoirs du bétail ou du gibier, sont aussi des phénomènes typiques des régions calcaires.

Des traits morphologiques de plus grande ampleur marquent aussi le paysage calcaire: ce sont, par exemple, les sections localement sèches des grandes vallées comme la Chavée à Han-sur-Lesse, les vallées sèches plus modestes des dépressions calcaires comme le vallon des chantoirs à Remouchamps, et les parois calcaires de la vallée de la Meuse et de certains de ses affluents.

Mais il n'y a pas que le relief qui soit marqué par ce type de roche: la végétation, par exemple, l'est profondément: les pelouses calcaires sont constituées d'une flore très particulière, xérophile et thermophile.

Le trait morphologique commun des régions calcaires est la disparition de l'eau, son enfouissement sous la surface du sol. Que ce soit par des ponors (nos chantoirs) ou par des dolines tapissées de sédiments meubles, les eaux pénètrent sous terre, dans des grottes s'il y en a, ou dans des fissures et des cavités souterraines impénétrables à l'homme. Exploitant les fissures - et parfois des puits et galeries - l'eau s'enfouit en effet et dissout les parois de ses conduits, élargissant progressivement ceux-ci. C'est ce processus qui distingue les calcaires et autres roches solubles - les roches karstiques - de toutes les autres formations géologiques. Sans dissolution, en effet, il n'est pas possible d'élargir les étroites fissures qui constituent les conduits primitifs de l'eau dans les roches. C'est la mise en solution de portions des roches des parois qui permet, avec l'élargissement des passages, une accélération progressive de l'eau et une circulation en conduits nettement plus rapide que la circulation de l'eau dans les pores et les fissures primitives non élargies.

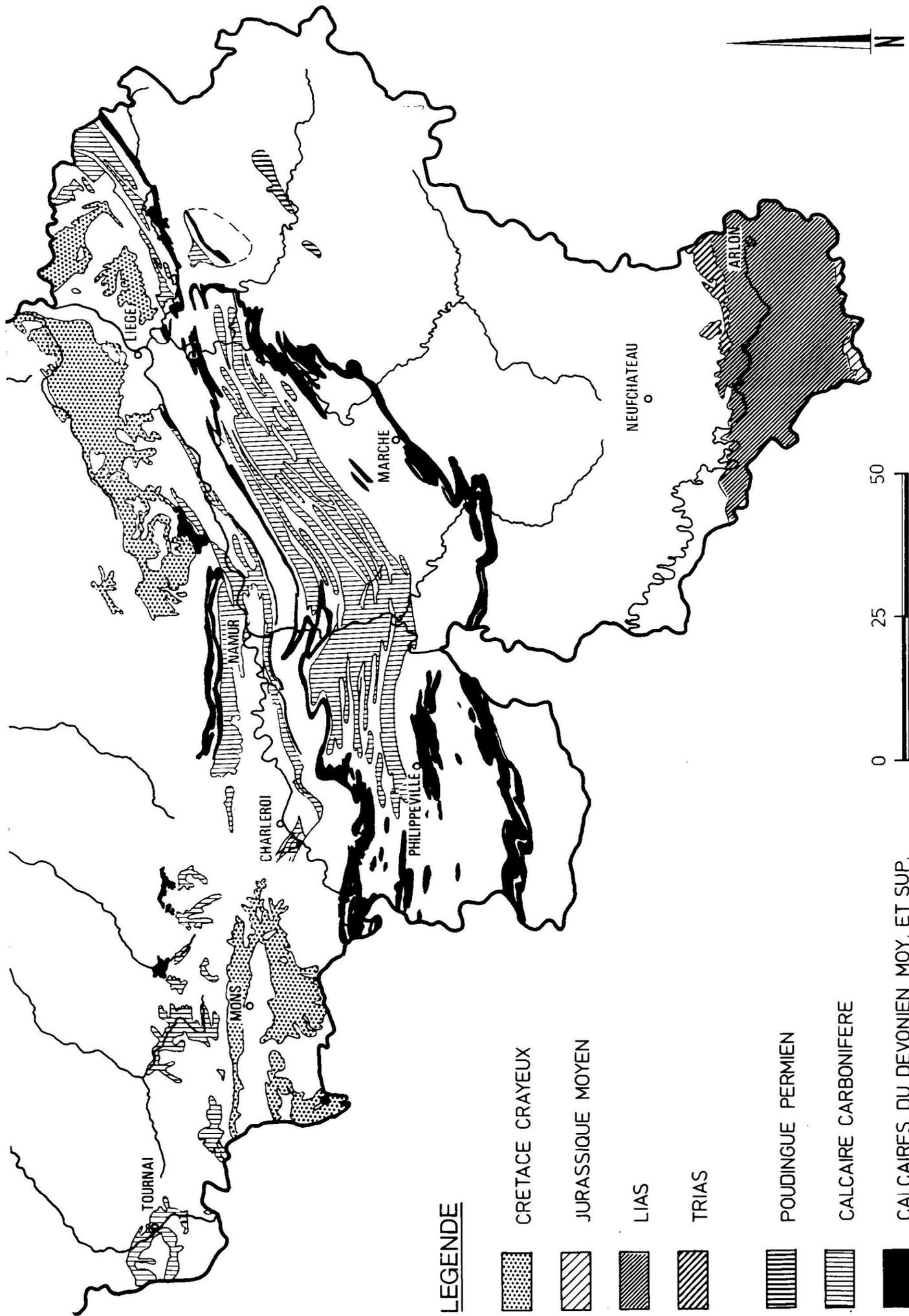
D'où l'utilité de commencer l'étude du Karst par une revue des roches solubles de la région étudiée.

## 2. LA REPARTITION DES ROCHES SOLUBLES ET DES REGIONS KARSTIQUES

Les deux seules roches solubles qui affleurent en grand en Belgique sont les calcaires et craies et leurs cousines les dolomies. Ni l'une ni l'autre de ces roches n'affleure d'ailleurs en Ardenne proprement dite, si ce

---

Fig. 10.1 - Les affleurements des formations de roches solubles autour de l'Ardenne (Ek, 1985).



## LE KARST

Karst est le nom (en allemand) d'une région calcaire de l'Adriatique; il s'étend à travers l'ancienne Yougoslavie dans les Monts Dinariques: il longe la côte adriatique et va de l'Italie au nord jusqu'à l'Albanie au sud, sur une largeur de 100 à 180 km; partout, le substratum calcaire y donne lieu à un même paysage, marqué par des gorges, des grottes, des vallées sèches, des dépressions fermées de toutes tailles et, souvent, par de la roche nue ciselée par la corrosion.

En fait, le nom de la région et de ce type de paysage, en serbo-croate, la langue du pays, est Krs ou Kras. Mais cette région a fait l'objet d'une attention particulière des géographes et géologues au XIXe siècle, sous l'Empire austro-hongrois: l'allemand était alors là la langue des lettrés et la version germanique Karst est passée dans l'usage. Les géographes de l'Empire austro-hongrois voyaient bien l'originalité du relief de cette région, marquée par les actions de dissolution de l'eau sur le calcaire. De ces études, qui allèrent de pair à l'époque avec un engouement marqué des gens cultivés pour le Karst, sont restés en usage un grand nombre de mots pris au vocabulaire serbo-croate pour désigner des éléments du relief: doline (petite dépression fermée, souvent en forme d'assiette ou d'entonnoir), ponor (point d'enfouissement d'un ruisseau, perte), etc. C'est de là aussi qu'est venu l'adjectif karstique pour désigner ce qui est typique des régions calcaires: roche karstique (roche soluble, comme les calcaires suffisamment purs), paysage karstique (paysage exprimant l'action de l'eau sur le calcaire), relief karstique (relief manifestant les effets des actions dissolvantes sur le calcaire) ...

Ainsi, la région de Han-sur-Lesse, avec sa belle résurgence, sa vallée sèche, la région de Remouchamps, avec le vallon des chantoirs - encore une vallée sèche -, la Meuse de Dinant, avec ses grandes parois calcaires exhibant des vestiges de passages de grottes, sont en Belgique autant de paysages karstiques.

n'est sous forme de bancs isolés bien incapables de donner lieu au moindre phénomène karstique, ou sous la forme du poudingue de Malmédy qui, tout en étant en Ardenne, est post-hercynien. Il en va tout autrement si l'on considère les régions qui entourent l'Ardenne (fig 10.1).

### 2.1. AU NORD DE L'ARDENNE: LES CALCAIRES ET DOLOMIES DEVONIENS ET DINANTIENS

Parmi les roches solubles du Paléozoïque des abords de l'Ardenne, le Dévonien moyen et supérieur et le Dinantien sont les formations les plus riches en calcaires et en dolomies couvrant d'importantes superficies: répartis sur 6000 km<sup>2</sup>, leurs affleurements représentent un peu plus de 1600 km<sup>2</sup>, dans le synclinorium de Dinant, le synclinal de Namur, le massif de la Vesdre et la fenêtre de Theux.

Les calcaires et dolomies dévoniens sont présents dans chacune des quatre unités citées, mais leur plus grand développement correspond assurément à la bande calcaire qui constitue la bordure sud du synclinorium de Dinant. On trouve là des calcaires couviniens, givetiens et frasniens, totalisant par endroits, dans la partie occidentale de la bande calcaire, nettement plus de 1000 m de calcaires et dolomies, fréquemment purs (c'est-à-dire constitués de plus de 90% de carbonate de calcium ou calcium et magnésium). Ces trois étages diminuent de puissance vers l'est et, à l'extrémité orientale du synclinorium de Dinant, la bande calcaire est mince et comporte peu de calcaires givetiens, et plus du tout de calcaires couviniens.

Les calcaires dévoniens affleurent aussi, mais en épaisseur modeste, dans le nord du synclinorium de Dinant et dans les trois autres unités citées plus haut (synclinal de Namur, massif de la Vesdre, fenêtre de Theux): la puissance du calcaire est cependant très inférieure à 500 m partout dans ces régions.

Les calcaires sont moins résistants à l'érosion que les formations du Dévonien inférieur de l'Ardenne: ces dernières dominent généralement la topographie, et les calcaires dévoniens reçoivent les eaux du Dévonien inférieur, eaux très douces vu la grande pauvreté de l'Ardenne en calcaire, et acides comme beaucoup de roches du Dévonien inférieur.

Les calcaires et dolomies du Dinantien sont présents dans les mêmes unités structurales que le Dévonien moyen et supérieur. C'est dans le synclinorium de Dinant qu'ils affleurent le plus largement et présentent les puissances les plus importantes: quelque 1000 m de calcaires et dolomies, très généralement purs, pour l'ensemble du Dinantien: Tournaisien et Viséen. Ces formations sont généralement dominées, dans la topographie, par les roches gréseuses du Famennien supérieur, très résistantes. Cette situation est fréquente, mais particulièrement typique dans le synclinorium de Dinant où les grès constituent les crêtes (les "tiges") qui dominent les roches carbonatées (fig 10.2). Mais, contrairement aux formations du Dévonien inférieur, les grès famenniens sont riches en calcaire ( $\pm 10\%$ ) et fournissent dès lors actuellement aux calcaires du Dinantien des eaux assez dures, et peu susceptibles de dissoudre encore des carbonates. La situation des calcaires dinan-

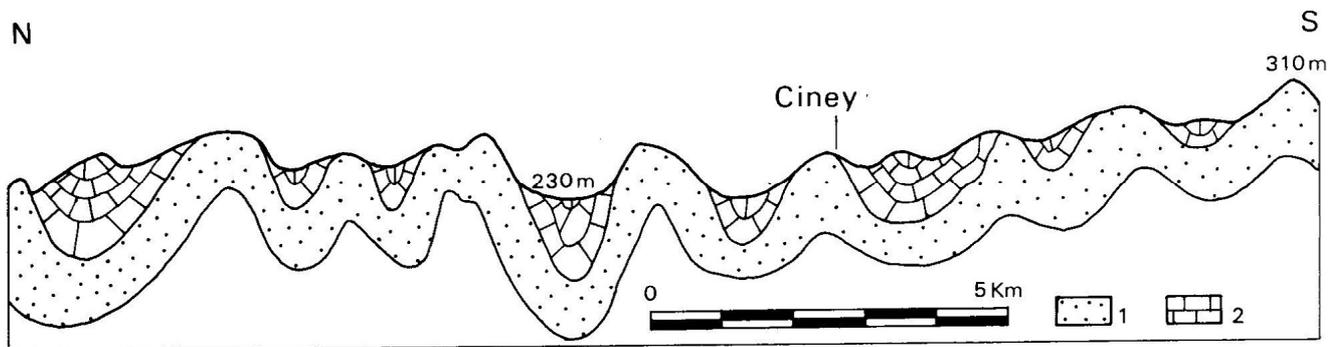


Fig. 10.2 - Le Condroz, coupe géologique nord-sud passant par Ciney (Ek, 1976). 1: psammites fameniens. 2: calcaires dinantiens.

tiens est donc très différente, à cet égard, de celle des calcaires dévoniens.

## 2.2. ENCLAVE DANS L'ARDENNE: LE POUDINGUE PERMIEN DE MALMEDY

C'est après les plissements hercyniens que s'est mis en place au Permien un épais conglomérat niché dans un repli du relief ardennais. Cette formation est divisée en trois "assises"; l'assise moyenne, épaisse par endroits de 150 m, comporte beaucoup de cailloux calcaires. Elle présente une morphologie karstique favorisée par le fait que le conglomérat occupe une dépression alimentée par les formations cambriennes du massif de Stavelot en eaux très douces et donc potentiellement agressives. C'est à A. Ozer (1971) que l'on doit la découverte des principaux phénomènes karstiques de cette zone.

## 2.3. A LA PERIPHERIE DE LA REGION ETUDIEE: DES FORMATIONS CARBONATEES MESOZOIQUES

Au nord et au sud de la région étudiée, des roches solubles très différentes des précédentes affleurent; certes, elles sont pour la plupart en dehors des limites de la région étudiée, mais leurs caractères originaux nous incitent à les présenter très brièvement. Il s'agit des roches marines mésozoïques qui ont partiellement recouvert les bordures de l'Ardenne et des régions voisines au sud, à l'ouest et au nord.

La retombée méridionale de l'Ardenne est recouverte de formations triasiques et jurassiques dont certaines comportent des roches solubles. Si le Trias montre seulement quelques bancs de dolomie et de grès calcaireux, le Lias comporte par contre, au Sinémurien en particulier, sous la forme des calcaires sableux (et des

### LES ROCHES SOLUBLES

Les roches solubles les plus abondantes en Belgique, et du reste les plus fréquentes dans le monde, sont les calcaires, constitués de carbonate de calcium,  $\text{CaCO}_3$ , et les dolomies, carbonate de calcium et de magnésium,  $(\text{Ca}, \text{Mg})\text{CO}_3$ . Les calcaires blancs et friables que sont les craies ont la même composition chimique. Les calcaires susceptibles de prendre un beau poli sont couramment appelés marbres au sens général du terme; les géologues, eux, réservent toutefois, dans leur vocabulaire, le nom de marbre aux calcaires cristallins, métamorphiques, dont on n'a pas d'exemple autour de l'Ardenne.

Les calcaires et marbres sont solubles dans les eaux acides; c'est ce qui les distingue de la plupart des autres roches et leur donne une morphologie particulière: la morphologie karstique.

Les calcaires et dolomies sont, autour de l'Ardenne, abondants dans certaines formations paléozoïques (surtout au Dévonien moyen et supérieur et au Carboniférien) et dans le Mésozoïque (au Jurassique essentiellement). Les craies dominent dans la partie supérieure du Mésozoïque, au Crétacé.

Mais une autre roche soluble est maintenant connue dans le sous-sol de nos régions: c'est l'anhydrite,  $\text{CaSO}_4$ . Un sondage profond à Saint-Ghislain, près de Mons, a traversé de 2410 à 2680 mètres de profondeur un aquifère karstique dans de l'anhydrite au sommet du calcaire carbonifère (Delmer, 1978). Cette formation d'anhydrite n'était pas connue en surface; elle est creusée de grottes et fournit une eau chaude ( $70^\circ\text{C}$ ) abondante ( $90 \text{ m}^3/\text{h}$ ). Au point de vue de la solubilité, l'anhydrite diffère du calcaire et de la dolomie en ce qu'elle est soluble dans l'eau indépendamment de l'acidité de celle-ci: il n'est besoin ni de dioxyde de carbone ni d'autre élément acidifiant pour la dissoudre.



Fig. 10.3 - Les dolines s'alignent fréquemment en chapelets orientés par la disposition des diaclases et autres fractures qui affectent le substrat calcaire. Ces zones constituent en effet des lieux de pénétration plus aisée des eaux au sein de la masse rocheuse, et leur élargissement par dissolution engendre le développement de dépressions en surface. Heusy, près de Verviers.

grès calcaires) de Florenville et d'Orval, des dépôts dont à peu près la moitié des constituants sont solubles. Le Jurassique moyen, avec le calcaire bajocien, est lui aussi susceptible de renfermer des circulations aquifères karstiques, bien que le modelé ne manifeste que peu la présence du karst; mais ces régions sortent en fait du cadre de ce volume. Il en est de même pour la plupart des dépôts de craie, autre roche soluble, qui ont recouvert au Crétacé le socle paléozoïque plissé qui affleure au nord de l'Ardenne: le bassin de Mons comme le sud de la Hesbaye et le pays de Herve, ont été le siège d'une sédimentation marine crayeuse dont les dépôts subhorizontaux peuvent atteindre plus de 100 m de puissance et localement 200. Dans les craies du Crétacé comme dans les formations carbonatées du Jurassique, les circulations d'eau ont parfois un caractère karstique. Si, dans le Jurassique, c'est l'impureté ou parfois la trop faible puissance des formations calcaires qui limite le caractère karstique des circulations, dans la craie du Crétacé, qui est parfois très pure sur de nombreuses dizaines de mètres de puissance, c'est la friabilité de la roche qui inhibe la formation de grandes cavités karstiques ou qui en empêche la subsistance. Ici encore, nous sommes le plus souvent juste au-delà des limites de notre étude et nous n'en dirons pas plus.

### 3. UN MODELE PARTICULIER: LES DEPRESSIONS FERMEES

Dans les calcaires comme dans d'autres roches, les eaux des précipitations et les eaux qui ruissellent peuvent s'infiltrer, non seulement par les pores de la pierre, mais aussi par des fissures. Mais en outre, dans les calcaires et autres roches solubles, l'eau est susceptible d'élargir ces fissures. Ceci a une conséquence très importante en distinguant radicalement les roches karstiques des autres car l'agrandissement des fissures permet progressivement à la pierre d'absorber toute l'eau de pluie ou de ruissellement, qui, s'engouffrant sous le sol par un trou, crée progressivement une dépression fermée ou doline. Les eaux de cette dépression sont ainsi soustraites à l'écoulement superficiel.

Les dolines peuvent être isolées; plus souvent elles s'alignent le long d'un drain souterrain et constituent une sorte de chapelet de points d'absorption (fig 10.3). Parfois encore, elles constituent un véritable champ de dolines criblant toute la surface d'un massif soluble.

Les pentes fortes des versants facilitent le ruissellement; celui-ci se fait au détriment de l'infiltra-

Fig. 10.4 - Les abanquets, monument naturel pittoresque de Nismes, près de Couvin, constituent une morphologie karstique particulièrement spectaculaire. Trouant littéralement le plateau, ce sont des dépressions aux parois subverticales, développées par dissolution sous une couverture sableuse tertiaire perméable. Ce mode de formation les assimile à un cryptolapiez.



## DOLINE, OUVALA, POLJE

L'existence de dépressions fermées distingue le relief karstique du relief dû à l'érosion normale par les rivières. Les dépressions fermées peuvent être de grandeur très variable, depuis la modeste fissure élargie jusqu'au vaste creux de plusieurs dizaines de km<sup>2</sup>.

Les dépressions les plus élémentaires sont appelées dolines (du serbo-croate dolina). Les dolines ont souvent une forme en plan circulaire, mais parfois la structure leur impose une forme allongée, elliptique ou carrément en fente. En trois dimensions la forme peut être celle d'un entonnoir, celle d'une assiette, celle d'un bol...

Les dolines peuvent être dues à la dissolution seule mais sont plus souvent l'effet de la dissolution conjuguée à une descente en masse du sol vers le fond de la doline ou encore d'une dissolution en profondeur conjuguée avec un effondrement se propageant vers la surface.

Les ouvalas (mot emprunté au serbo-croate: ouvala) sont des dépressions fermées complexes constituées par la coalescence de plusieurs dolines. Les ouvalas peuvent atteindre plusieurs km<sup>2</sup>.

Enfin les poljés (mot serbo-croate également) sont de vastes dépressions karstiques à fond plat. Le mot poljé désigne d'ailleurs en serbo-croate uniquement ce fond plat, généralement cultivé, à l'exclusion des pentes fortes qui le dominent, et sur lesquelles le sol est rare sinon absent. Les poljés sont en général des dépressions de plusieurs km<sup>2</sup> et correspondent souvent à des entités structurales (synclinal, ligne de faille...). R. Souchez (1963) pense que la dépression calcaire de Couvin-Nismes provient de l'évolution d'un poljé datant du Tertiaire et L. Swysen (1968) a confirmé cette opinion.

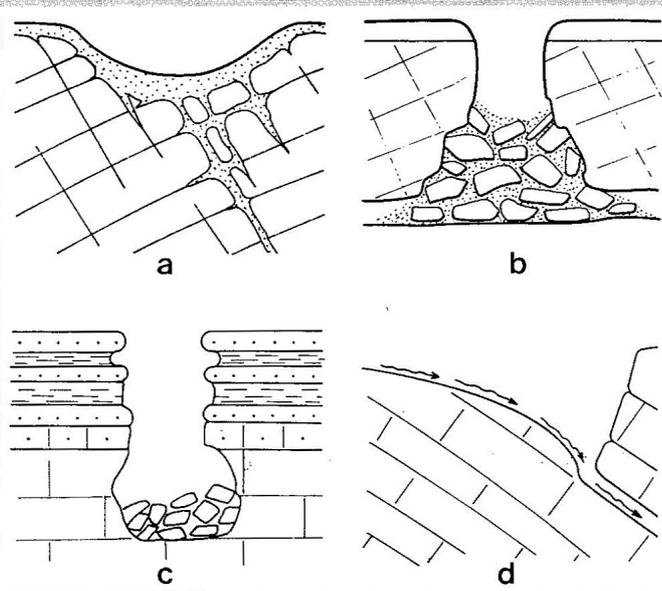


Fig. 10.5 - Quelques types de dolines: (a) doline de dissolution et tassement; (b) doline d'effondrement; (c) doline d'effondrement dans un karst couvert; (d) doline-perle.

tion; au contraire, sur des pentes faibles, l'infiltration est favorisée, et c'est en effet sur les pentes faibles que les dolines s'observent en plus grand nombre. Dans une étude statistique du vallon de Beauregard (Esneux et Plainevaux), M. Bay (1968) a constaté que les dolines, densément réparties sur les pentes faibles, étaient moins nombreuses sur les pentes comprises entre 5 et 10°, devenaient rares sur les pentes plus fortes et ne se produisaient pratiquement pas du tout sur les pentes de plus de 14°.

Les dolines constituent un élément très caractéristique de la morphologie karstique dont elles augmentent l'attrait paysager.

Il faut enfin, en matière de dépressions fermées, faire une place à part aux célèbres abanquets de la région de Couvin (fig 10.4). Ces grands creux aux parois abruptes sont nombreux dans les calcaires dévoniens entre Couvin et Dourbes. La surface du sol de la bande calcaire apparaît criblée de trous qui sont autant de gouffres. Ces dépressions étaient jadis comblées de

sables oligocènes et également de minerai de fer (en partie sous forme de limonite), dont on peut encore retrouver des vestiges épars. E. Van den Broeck, E. Martel et E. Rahir (1910) considéraient que les abannets étaient antérieurs à leur remplissage, et donc pré-oligocènes; ils voyaient dans ces trous les fonds d'abîmes très anciens, des paléogouffres. L'étude en fut reprise par R. Fourneau (1985, 1992) qui montra que les abannets étaient plutôt des formes résultant d'une importante corrosion qui s'était déroulée sous la couverture des sables oligocènes; la surface des roches calcaires est en effet parfois burinée par l'action dissolvante des eaux et est

alors sculptée en formes variées appelées lapiés, ou lapiez. Les lapiez peuvent se développer en surface, sous l'action directe de l'eau de pluie ou de ruissellement, ou bien être formés sous une couverture (ici, en l'occurrence, les sables oligocènes), sous l'action des eaux d'infiltration. Telle est l'hypothèse explicative développée par R. Fourneau, et appuyée par ses observations dans d'autres régions (en particulier la Marlagne calcaire) où il avait observé déjà de gigantesques lapiez (Fourneau, 1972, 1982). Si l'on accepte cette hypothèse, les abannets ne sont alors plus antérieurs au dépôt des sables oligocènes.

### PERTE, VALLEE SECHE, RESURGENCE

L'association de ces trois éléments représente une expression géomorphologique parfaitement typique du karst.

#### a) Perte

Les points d'enfouissement de l'eau peuvent être localisés (ponors) ou diffus. Ils peuvent être multiples, et peuvent n'être pas tous actifs en permanence, en fonction du régime (crue, étiage).

La localisation des points de perte évolue généralement au cours du temps: les pertes se produisent de plus en plus en amont, jusqu'à ce qu'elles soient localisées à la limite amont du calcaire.

#### b) Vallée sèche

Les vallées sèches sont un signe de l'évolution géomorphologique "vers" le karst (puisque'il y a eu antérieurement écoulement fluvial).

En amont de la vallée sèche, il y a parfois - mais non toujours - une vallée aveugle. Lorsque l'eau d'une vallée - ou d'un vallon - est absorbée sous terre, la partie du cours d'eau située en amont de la perte continue souvent à éroder verticalement son lit. Celui-ci s'encaisse donc, mais l'incision se termine évidemment, vers l'aval, au point de perte, et le ponor (le "chantoir", comme on dit fréquemment en Belgique) est aussi l'endroit où un ressaut marque l'extrémité aval de la partie de la vallée restée active. C'est à cause de ce ressaut, qui est parfois élevé de plusieurs mètres, qu'on dit que la partie amont où l'écoulement superficiel persiste est une vallée aveugle.

Les vallées sèches sont souvent jalonnées de dolines.

#### c) Résurgence

Source karstique faisant revenir au jour un cours d'eau qui s'est enfoui à l'amont; par opposition, on appelle exurgence une source karstique qui n'est pas alimentée par des cours d'eau superficiels, mais par des réserves souterraines. Les termes émergence, source karstique et exutoire karstique embrassent les deux précédents.

Les résurgences peuvent être localisées ou diffuses, pérennes ou temporaires; elles sont parfois sous-fluviales ou sous-marines.

Les sources karstiques peuvent présenter de forts débits. Ainsi, la Fontaine de Vaucluse (source siphonnante) débite le plus souvent entre 8 et 80 m<sup>3</sup>/sec, mais peut, en crue, atteindre 150 m<sup>3</sup>/sec.

L'importance des débits des sources karstiques en fait le fournisseur principal d'eau de beaucoup de populations et, dans certains cas, une importante source d'énergie hydro-électrique.



Fig. 10.6 - La "Chavée", ou section sèche de la vallée de la Lesse, juste en amont de Han. Cette portion de la vallée s'assécha lorsque les eaux de la rivière commencèrent à se perdre dans le "gouffre de Belvaux", qui succéda à une autre perte, autrefois active quelque peu en aval. Actuellement, il faut des crues exceptionnelles pour que le gouffre de Belvaux ne puisse plus absorber toute l'eau de la rivière et qu'un écoulement superficiel parcourt à nouveau, très temporairement, la Chavée. On notera également, à gauche sur la photo et séparé de la Chavée par un talus boisé, la présence d'un vaste replat sous prairie; il s'agit d'un lambeau de terrasse de la Lesse.

#### 4. LES VALLEES DES REGIONS CALCAIRES, VALLEES SECHES, VALLEES AVEUGLES

Les grandes vallées surimposées qui incisent l'Ardenne et les régions voisines recourent les calcaires dans des directions variées. Ceci a donné naissance à des morphologies karstiques très diverses dans les vallées. Les parois calcaires montrent souvent une grande influence des diaclases dans leur façonnement: la fissuration des calcaires paléozoïques est souvent très importante. Les larges dalles parfois verticales des calcaires dévoniens et dinantiens servent ainsi fréquemment de parois d'escalade, comme à Freyr et en plusieurs autres lieux de la Meuse de Dinant.

Parfois, dans un méandre, une partie de l'eau de la rivière (comme la Lesse à Chaleux ou l'Ourthe à Durbuy et à Bohon) ou même la totalité, comme la Lesse à Han, se perd sous terre et prend un raccourci souterrain qui recoupe le méandre. Le grand méandre de la Lesse à Han, dit la Chavée, est ainsi totalement sec la plupart du temps (fig 10.6). A l'entrée de la boucle, la Lesse disparaît en effet au gouffre de

Belvaux, pour ressortir à Han, à l'aval du méandre. Ce n'est que lorsque son débit dépasse 40 m<sup>3</sup>/s que la rivière envahit à nouveau le méandre de la Chavée (Deflandre, 1989).

Le Vallon des Chantoirs qui s'étend sur quelque 8 km de Louveigné à Remouchamps est un type de vallée sèche très différent. Le calcaire y est en dépression entre des hauteurs ardennaises et les psammites du Condroz, et le vallon structural absorbe à leur arrivée sur le calcaire les eaux venant de l'Ardenne et celles qui descendent du Condroz (fig 10.7); le fond du vallon est sec sur toute sa longueur, sauf les jours d'orages exceptionnels, où les chantoirs ne peuvent absorber toutes les eaux des précipitations. Un torrent très temporaire dévale alors la dépression.

Dans les synclinaux de Calcaire Carbonifère du Condroz, nombreux sont les vallons secs structuraux, coïncidant avec l'axe du synclinal dans lequel ils sont logés, et absorbant par de nombreux chantoirs les eaux venant des tiges condruisiens. Ces vallons ont parfois plus de 10 km de long et leurs eaux résurgent dans les



Fig. 10.7 - Le chantoir du Rouge Thier, à Louveigné.

grandes rivières qui recourent les structures synclinales. Le vallon sec de Sprimont à Chanxhe (fig 10.9) en est un exemple.

## 5. LES GROTTES

A part quelques rares cavités dans le Jurassique de la Gaume, les grottes des régions de l'Ardenne sont toutes localisées dans les formations paléozoïques. On en trouve dans le Dévonien, dans le Carbonifère et dans le Permien. Le Crétacé de nos régions semble bien ne pas en receler: probablement la craie est-elle trop friable, insuffisamment cohérente, pour permettre le développement de cavités de taille suffisante pour que l'homme y accède. De petits conduits karstiques sont pourtant fréquents dans les carrières de craie du Crétacé.

### 5.1 MORPHOLOGIE

La morphologie des grottes de nos régions comporte essentiellement des formes dues à l'action de l'eau et d'autres dues à celle de la seule gravité: les effondrements.

#### 5.1.1. Les formes dues à l'action de l'eau

Les fissures sont les formes les plus élémentaires observées de l'action de l'eau. La plupart des fissures étroites doivent leur aspect à l'action de ruissellement: elles présentent souvent des sillons ou des ondulations allongés verticalement et, par temps humide, des suintements plus ou moins abondants. D'autres fissures, souvent plus larges, sont dues au mouvement latéral de l'eau occupant tous les interstices d'un réseau noyé. C'est le sens dans lequel on emploie le mot dans l'expression "réseau de fissures" et plus encore dans l'expression anglo-saxonne de "fissure cave".

La morphologie des puits est, dans beaucoup de cas, due à l'action de l'eau qui dévale, comme en témoignent les larges cannelures ou les sillons hélicoï-

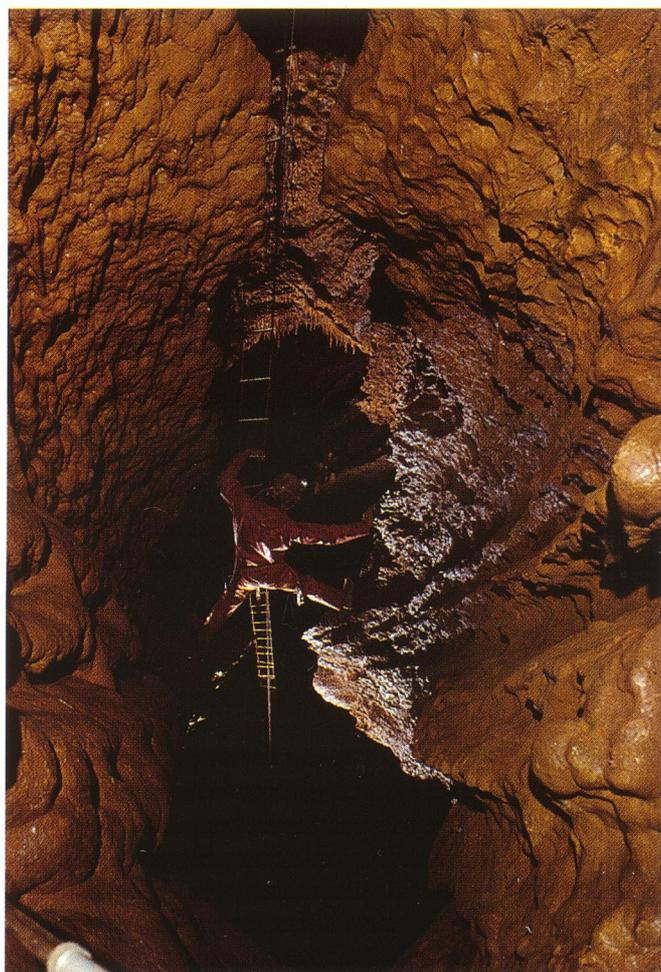


Fig. 10.8 - L'abîme de Beaumont, à Esneux. Entre son entrée et le fond de la grotte, au niveau de l'Ourthe, l'abîme de Beaumont présente une dénivellation de plusieurs dizaines de mètres. Le puits exploite une diaclase verticale dont l'axe coïncide pratiquement avec l'échelle souple, au milieu de la photo. La stratification, que l'on distingue dans le bas de l'image, est très inclinée, assez proche de la verticale. Les larges cannelures du puits y correspondent; elles représentent les effets de l'érosion différentielle. Elles ont été marquées de nombreux "coups de gouge" que l'on distingue bien au-dessus du spéléologue (photo J. Godissart).

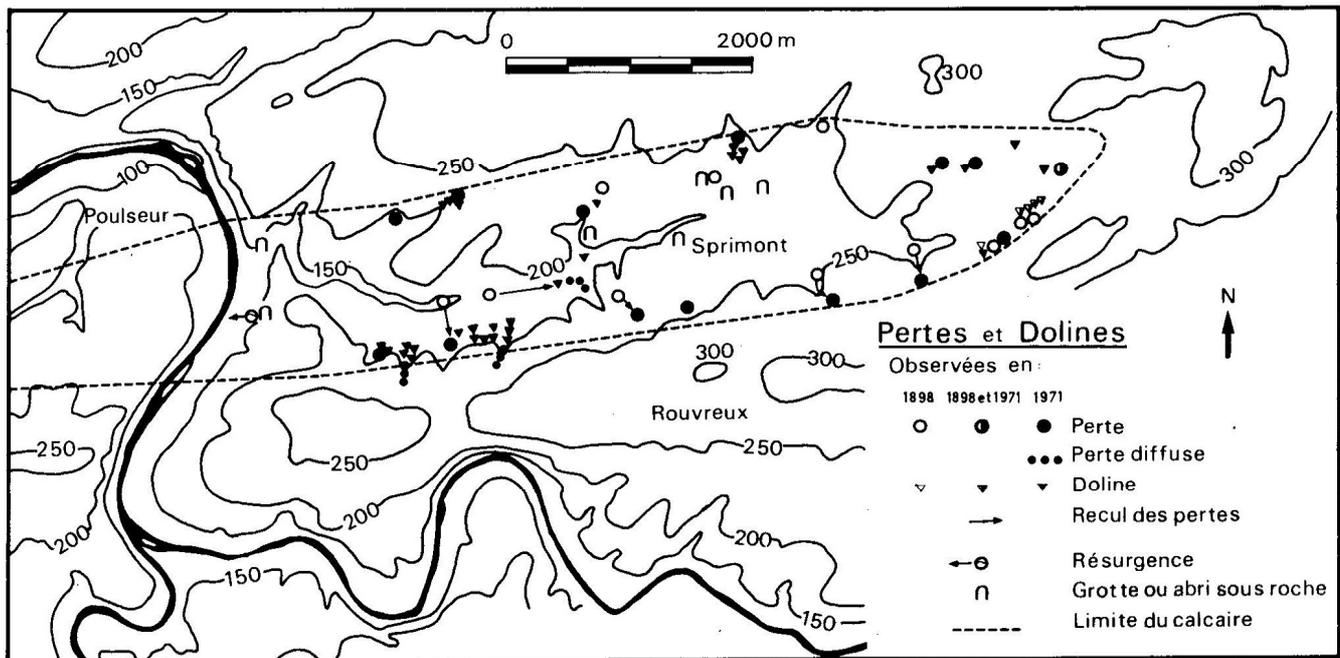


Fig. 10.9 - La vallée sèche du synclinal de Sprimont. Evolution des phénomènes karstiques entre 1898 et 1971. Le trait interrompu délimite le synclinal calcaire de Sprimont (Ek, 1976, d'après une cartographie de R. Michel).

daux qui s'y observent parfois (fig 10.8). Ce processus explique que beaucoup de puits soient plus larges en bas qu'en haut, par augmentation de l'énergie cinétique avec la hauteur de chute.

D'autre part, des puits peuvent se former aussi par propagation progressive vers le haut d'effondrements de plafond de salle de grotte.

Les conduits tubulaires sont dus à une circulation forcée de l'eau les remplissant intégralement, du moins pour autant qu'il s'agisse de conduits s'étendant sur une certaine distance en conservant un diamètre constant. Les conduites forcées "en tubes" peuvent présenter toutes les pentes (et contre-pentes) de 0 à 90°.

Les conduits de rivières souterraines sont ceux qui sont parcourus par un véritable cours d'eau présentant une surface libre et susceptible d'éroder verticalement ou latéralement et de transporter une charge, en suspension ou autrement (fig 10.11). Les vraies "rivières" souterraines ont, comme leurs soeurs épigées, tendance à régulariser leur profil en long et à se créer une section dont la surface est plus ou moins constante. Cependant, les rivières hypogées se distinguent des rivières épigées par la présence possible de siphons.

Les cavités phréatiques sont celles qui se développent sous la surface de l'aquifère; elles sont alors noyées et sont donc caractérisées par une morphologie finement différentielle d'eau calme (fig 10.10). On voit alors parfois se développer sur les parois des trous innombrables et irréguliers créés par la dissolution des

parties les plus facilement solubles: cette structure irrégulière de la paroi est appelée par les auteurs américains *spongework* (structure en éponge). En d'autres endroits, les veines de calcite qui sillonnent la roche sont mises en évidence (car elles résistent à la dissolution) par rapport à la masse de la roche qui se laisse creuser par la corrosion. Le creusement des parties calcaires situées entre les veines de calcite donne alors une structure en casiers, le *boxwork* des auteurs anglo-saxons.

On le voit, les formes dues à l'action souterraine de l'eau sont multiples. Cependant, même en l'absence d'eau, un autre facteur peut donner naissance à une morphologie déterminée: c'est la gravité, provoquant des effondrements.

### 5.1.2. Les effondrements

La grande majorité des salles des grottes ont leur plancher jonché d'éboulis (fig 10.12). Et plus la salle est vaste, plus la présence d'éboulis est fréquente. La Grotte du Père Noël à Wavreille (Belgique) comporte ainsi plus de 6000 m<sup>2</sup> d'éboulis d'un seul tenant.

Certes, tout éboulement suppose la présence préalable d'un vide au moins égal au volume éboulé, et généralement plus grand; en ce sens, une cavité a tendance à "disparaître" par les écroulements. Mais un éboulement modeste peut se produire dans un vide restreint, et les eaux peuvent emporter les débris en solution par exemple, et faire ainsi la place pour un éboulement plus important susceptible d'amener par

gravité une matière divisée (fût-ce en gros blocs) à l'en-droit où l'eau courante est susceptible de l'évacuer.

Les blocs éboulés présentent parfois des faces formées par cassure (sauf les plans de stratification) et le plafond au-dessus d'eux apparaît lui-même sillonné de fractures. Mais, parfois, des traces indubitables de corrosion se présentent sur certaines faces des blocs. Ceci permet de distinguer des effondrements d'origine essentiellement mécanique (séismes, trop grande portée du plafond, gélivation,...) et des effondrements provoqués (ou largement préparés) par des actions de dissolution.

## 5.2. LES GROTTES DU DEVONIEN

C'est le long de la bande calcaire qui forme un palier entre l'Ardenne et la Famenne que se sont développées les plus grandes grottes du pays. Ceci est probablement lié notamment au caractère acide des eaux venant d'Ardenne. C'est le long de cette bande calcaire qu'on trouvera, par exemple, les grottes de Han, de Rochefort, de Hotton. A son extrémité orientale qui correspond au vallon des Chantoirs, la bande n'est plus en relief comme une marche entre l'Ardenne et la Famenne: elle constitue le fond même d'une dépression; le drainage souterrain de cette dépression aboutit à la grotte de Remouchamps.

La grotte de Han est un cas typique de recouplement souterrain de méandre (Quinif, 1977). La Lesse, venant de l'Ardenne, se perd dans la bande calcaire, y abandonnant son ancienne vallée maintenant sèche. La Lesse jadis s'engouffrait au Trou au Salpêtre, qui est situé au coeur de la bande calcaire. Mais l'ouverture progressive d'une fissure plus en amont, devenue le Trou d'Enfaule, a fait reculer de 100 m le point de perte.

Plus récemment s'est ouvert et développé le Gouffre de Belvaux qui absorbe en général la totalité de la rivière, et qui est situé à 500 m en amont du précédent, et d'autre part à 500 m seulement à vol d'oiseau de la limite entre la bande calcaire et l'Ardenne.

Du gouffre de Belvaux, la Lesse, devenue souterraine, plonge d'abord en un siphon de 40 m de profondeur avant de resurgir dans la grotte pour replonger en un second siphon et reparaitre dans la salle d'Armes puis dans la gigantesque salle du Dôme, avant de retourner au jour. Pour les touristes, la sortie par la résurgence de la Lesse est d'ailleurs l'occasion d'une brève mais combien plaisante promenade en barque. La salle du Dôme est affectée par un important pli-faille et par un pli coffré (un pli dont un flanc est sensiblement horizontal et l'autre sensiblement vertical, avec entre eux une charnière étroite et de très petit rayon de courbure). La grotte de Han comporte un réseau très complexe de galeries dont beaucoup sont riches en concrétions volumineuses. En outre, la grotte fait partie d'un système caverneux incluant d'autres grottes - grotte du Père Noël, trou des Crevés,... - qui ne sont actuellement accessibles que par d'autres entrées, mais qui font ou ont fait assurément partie d'un même réseau hydrologique.

La grotte de Rochefort est à ce jour la seconde du pays par son développement. Ses deux issues naturelles actuelles sont situées au fond de deux dolines, sous un large replat dominant la rive gauche de la Lomme. La grotte est essentiellement constituée de quelques grandes salles formées par effondrement; la salle du Sabbat a une quarantaine de mètres de haut et sa longueur, si on y inclut le Trou Marie Sac-Attrape qui la prolonge, est d'environ 140 m. Ce complexe est relié aux autres grandes salles de la grotte par des passages



Fig. 10.10 - Fissure dans une galerie de l'étage moyen de la grotte de Remouchamps. On distingue l'aspect concave des bancs qui indique que leur milieu est plus sensible à la dissolution que leurs base et sommet. C'est la présence d'un peu plus d'argile (quelques % seulement) au sommet et à la base des bancs, ou de modestes différences de structure du calcaire qui expliquent cette différenciation. Les cristaux de calcite plus grands, par exemple, résistent mieux à la corrosion que les cristaux plus petits.



Fig. 10.11 - La grotte Sainte-Anne, à Tilff (Esneux). Cette galerie de l'étage moyen est maintenant sèche, mais son profil elliptique, à l'avant-plan, est typique de l'action de la rivière souterraine qui l'a creusé. Cet affluent souterrain de l'Ourthe était, lorsqu'il coulait à ce niveau, contemporain de la terrasse fluviale de l'Ourthe située à 10 m au-dessus de la plaine alluviale actuelle de la rivière. A l'arrière-plan, la section de la galerie, évoquant un trou de serrure inversé, résulte de la combinaison d'une galerie en tranchée et d'un couloir elliptique. Mais l'image ne permet pas de dire laquelle des deux sections s'est formée antérieurement à l'autre. Le sol, nonobstant la présence de quelques blocs rocheux, est surtout constitué de sédiments d'eau courante, parmi lesquels dominent ici sables et limons (photo J. Godissart).

tortueux, eux aussi au sein d'éboulis. Néanmoins, en bordure des grandes salles et dans certains diverticules s'observent encore très bien les traces de l'action de l'eau, et notamment des "tubes" de conduites forcées; la rivière souterraine actuelle, un bras souterrain de la Lomme, est d'ailleurs visible en plusieurs endroits. Les éboulements ont dû se produire à plusieurs reprises car, si la plupart sont dépourvus de couverture de concrétions, il en est un au moins qui est richement orné de stalagmites: c'est la salle du Sabbat, qui se différencie ainsi des autres éboulements en annonçant un âge plus ancien puisqu'elle a eu le temps d'être abondamment décorée.

Les grottes de Hotton et de Remouchamps se placent dans des sites différents des deux précédentes, qui conduisent les eaux d'une grande rivière (la Lesse à Han) ou d'une partie d'une rivière importante (la Lomme à Rochefort). Les eaux des grottes de Hotton et de Remouchamps proviennent des nombreux chantoirs (points de perte) qui absorbent le débit des affluents d'un vallon affluent de l'Ourthe (à Hotton) ou de l'Amblève (à Remouchamps). La grotte de Hotton comporte plusieurs niveaux de galeries dont deux au moins

sont très développés, en plus du niveau actuellement parcouru par la rivière. Les galeries créées par le cours d'eau souterrain sont dans l'ensemble assez bien calibrées; vers l'aval toutefois, les deux étages supérieurs se sont écroulés sur le niveau actuel et constituent alors une magnifique galerie-canyon de plusieurs dizaines de mètres de haut, que les visiteurs peuvent admirer d'un "balcon" très bien placé.

La grotte de Remouchamps est également située à l'aval d'un grand vallon sec, le vallon des Chantoirs, aux innombrables pertes. Un étage sec, anciennement parcouru par l'eau, surmonte d'une dizaine de mètres le niveau actuel de la rivière souterraine (Ek, 1961). La grotte de Remouchamps offre de magnifiques vues sur ce qui est (à l'étage inférieur) et ce qui fut (à l'étage supérieur) un couloir de rivière souterraine, avec ses méandres, ses encoches d'érosion, ses dépôts de limon, de sable et de cailloux. En outre, à l'extrémité amont de la grotte, la Cathédrale (fig 10.12), avec ses 37 m de vide au-dessus de l'éboulement, représente en fait une cavité de 60 m de haut si on mesure la hauteur depuis le plafond jusqu'au pied de l'éboulement situé au niveau de la rivière souterraine (Ek, 1970).

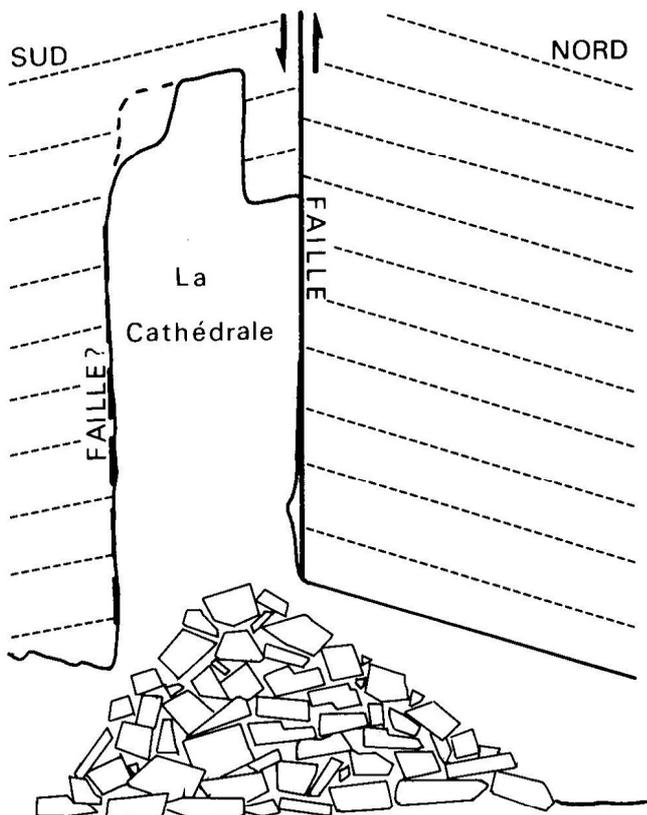


Fig. 10.12 - La Cathédrale, dans la grotte de Remouchamps: morphologie d'éboulis sur quelque 60 m de hauteur.

Bien d'autres grottes du Dévonien - il y en a des centaines - mériteraient d'être citées et décrites, mais la place nous fait défaut. Les unes sont des réseaux de recouplement de méandre, les autres des réseaux chantoirs-résurgence, mais certaines ont en outre l'originalité d'être développées en hauteur, soit sous forme de puits dévalant à partir d'une perte vers le niveau de l'aquifère, soit sous forme de fissure importante ouverte en bordure d'un massif par la décompression des roches liées à l'approfondissement des vallées.

### 5.3. LES GROTTES DU DINANTIEN

Le Dinantien, ou Calcaire Carbonifère, est aussi très riche en cavités souterraines. Toutefois, comme cet étage géologique affleure fréquemment dans les synclinaux du Condroz, on trouve là des grottes à caractère parfois très différent des précédentes.

La grotte Merveilleuse, à Dinant, présente un dédale de galeries aboutissant à une grande salle jonchée d'éboulis. Les parois des conduits montrent surtout les traces d'une fine corrosion différentielle; les eaux ont attaqué les parties les plus solubles de la roche, laissant en relief les autres, et particulièrement les veines de calcite cristalline, plus lentes à se dissoudre. Ces formes attestent de l'action dissolvante d'une eau calme ne bri-

sant rien, probablement l'eau de la zone phréatique. Des petits chenaux creusés par place dans le plafond de la grotte attestent par ailleurs que l'eau a dû circuler contre le plafond, au sommet d'un remplissage imperméable qui scellait plusieurs salles après les avoir totalement remblayées à certains moments du Quaternaire.

La Merveilleuse comporte également un puits profond d'une vingtaine de mètres au fond duquel s'observe une nappe d'eau. En période de crue, cette nappe remonte parfois de quatorze mètres.

La grotte et l'abîme de Comblain-au-Pont sont également situés dans le calcaire carbonifère. L'abîme, par une verticale de 22 m, donne un accès naturel à la grotte, qui s'allonge d'est en ouest. Elle est constituée d'un chapelet d'une dizaine de belles salles, richement décorées de concrétions. Plusieurs de ces salles sont d'anciennes entrées d'eau dans la grotte: des chantoirs ont dû alimenter la grotte, tous situés au sud de celle-ci et on distingue clairement que l'abîme représente le premier, le plus ancien de ces chantoirs, et que le recul des chantoirs successifs a permis à la grotte de se

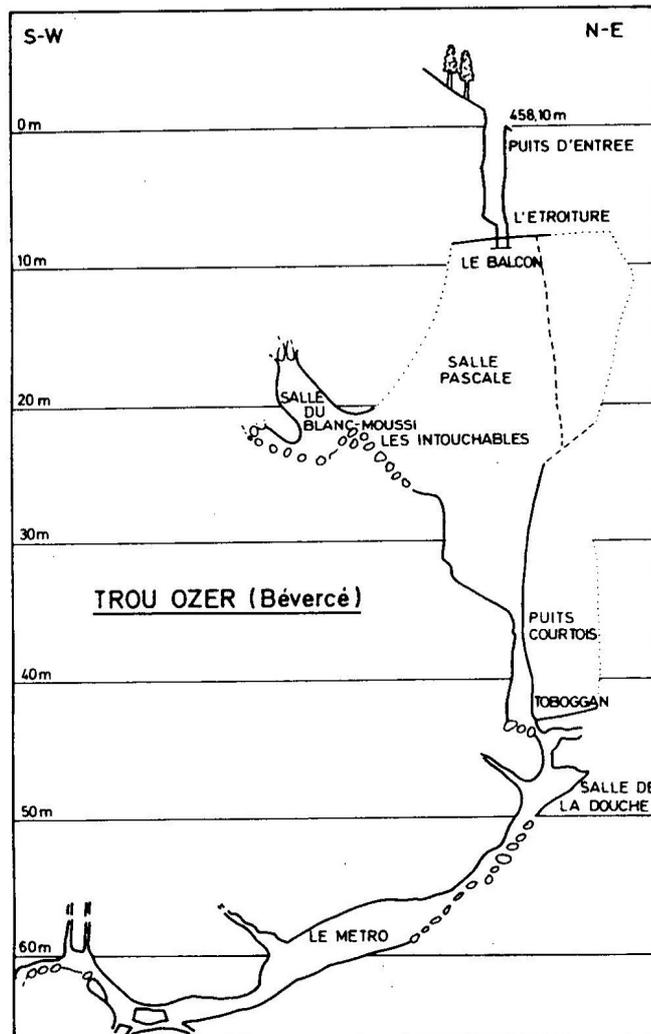


Fig. 10.13 - Le trou Ozer, à Bévercé. Coupe verticale (Ozer, 1971).

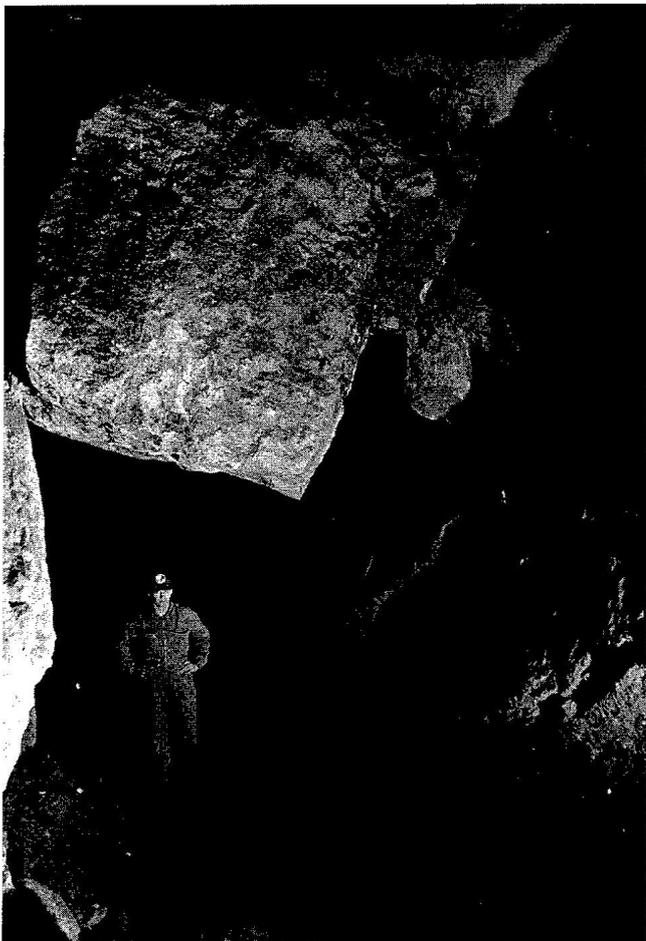


Fig. 10.14 - Gros bloc éboulé coincé entre deux parois dans la grotte de Remouchamps. Lorsque l'eau déserte une galerie pour circuler aux étages inférieurs, tous les processus géomorphologiques ne s'arrêtent pas pour autant: des éboulements tendent à combler progressivement les cavités. Le bloc visible au-dessus du spéléologue pèse plus de 40 tonnes. Dans le bas de la photo, à droite, on voit des stries de faille dans la paroi. Le bloc s'est en effet détaché du plafond dans une zone faillée.

développer d'est en ouest. Les parois des salles montrent beaucoup de formes de fine dissolution différentielle, indiquant que des réserves d'eau souterraines considérables ont parfois rempli la grotte. Mais la morphologie des plafonds montre la proximité des chantoirs au-dessus de la grotte, et d'autre part, au fond des siphons qui relient les unes aux autres les salles de la grotte s'observent parfois du sable ou même des cailloux roulés qui indiquent que par moments au moins de l'eau courante assez rapide a parcouru le fond de la grotte (Ek et Quinif, 1988).

Nombreuses sont les cavités du Calcaire Carbonifère que l'on pourrait encore décrire, en y incluant aussi des grottes dans le Tournaisien comme la grotte du Pont d'Arcole à Hastière. Mais il nous faut bien passer maintenant à des cavités dans une formation plus récente du Paléozoïque.

#### 5.4. LES GROTTES DU PERMIEN

Le poudingue de Malmédy est d'âge permien. Son assise médiane est très calcaire et il s'y est même développé une grotte importante, le Trou Ozer, à Bévercé, étudié par A. Ozer (1971). Cette grotte, qui fut explorée lors de sa découverte jusqu'à la profondeur de 60 m (fig 10.13), est maintenant connue jusque 70 m. C'est essentiellement une succession de deux gouffres dominant des galeries en forte pente. L'action de la dissolution et celle de l'érosion mécanique sont toutes deux évidentes dans la genèse du gouffre. La dissolution a mis localement en évidence les éléments les moins vite dissous: ciment, certains fossiles;... et l'érosion mécanique a détaché de nombreux cailloux solubles ou non, et les a accumulés au fond du puits.

Ainsi, quelque peu inhibés en surface par la couverture meuble, les phénomènes karstiques du poudingue de Malmédy ont localement une grande ampleur en profondeur, non sans relation avec la verticalité des diaclases qui permet l'évacuation vers le bas du matériel érodé. Plusieurs grottes de dimensions plus modestes que le Trou Ozer sont du reste connues dans le Poudingue.

#### 6. LES PROCESSUS KARSTIQUES ACTUELS

Les points de perte, nous l'avons dit, ne sont pas immuables au fil du temps: ils se déplacent au cours des siècles et, le plus souvent, un chantoir est remplacé par un autre qui s'ouvre en amont du précédent. Ceci marque la tendance de l'eau à s'enfouir, ainsi que l'avaient déjà si bien mis en évidence E. Van den Broeck, E. Martel et E. Rahir (1910).

Pour ne citer qu'un seul exemple de ce phénomène, très répandu au nord de l'Ardenne, nous prendrons le cas du vallon sec de Sprimont à Chanxhe, qui s'allonge dans un synclinal de calcaire carbonifère traversé par l'Ourthe à Chanxhe (fig 10.9). Ce vallon est criblé de dolines et de chantoirs, et nos observations y ont été confirmées par une étude de R. Michel (1971) qui a montré que plusieurs pertes ont reculé en moins d'un siècle (de 1898 à 1971) d'une centaine de mètres et parfois bien davantage: le phénomène est donc actuellement extraordinairement rapide. Probablement faut-il chercher des influences anthropiques pour justifier une évolution aussi accélérée: l'extrapolation sur quelques millénaires serait en effet bien embarrassante! Mais le fait est clairement établi. Il témoigne de l'actuelle rapidité d'évolution du réseau hydrographique karstique et des problèmes que pose chez nous la circulation des eaux dans les régions calcaires.

Si les pertes se déplacent notablement à l'échelle du siècle et même de la décennie, certaines dolines évoluent bien plus vite encore et de façon plus

spectaculaire. Nous voulons parler de dolines d'effondrement qu'on a appelées "puits naturels", et qui se situent en fait dans des zones où la surface de l'aquifère souterrain change fortement de niveau, ou bien dans des zones de circulation active des réserves d'eau souterraines. Les puits naturels, particulièrement abondants dans le Tournaisis ces cinquante dernières années, sont des effondrements généralement cylindriques pouvant atteindre d'un seul coup une dizaine de mètres de profondeur ou même un peu plus, sur une ou plusieurs dizaines de mètres de diamètre. Ces puits apparaissent en surface par la propagation, à travers une couverture non karstique, d'effondrements de roches dans des cavités karstiques profondes du calcaire carbonifère. Leur formation a été fortement accélérée par le rabattement de la nappe aquifère, provoqué par le pompage abusif des industries dans la nappe de la région de Lille-Roubaix-Tourcoing. Un tel puits s'est ouvert en 1977 dans la cour d'une école à Kain, engloutissant plus de 100 m<sup>3</sup> de terre. Le même jour, un trou de 275 m<sup>3</sup> a coupé un chemin et mis en porte-à-faux un gazoduc sur une douzaine de mètres de long, et un autre encore s'ouvrait en bordure même de l'Escaut, créant un trou de 2800 m<sup>3</sup> et avalant une partie du débit du fleuve (de Roubaix *et al.*, 1979).

Les eaux de ruissellement et les rivières exercent une action corrosive importante, mais difficile à mesurer; sur les pierres calcaires des barrages, dont on connaît évidemment l'année de construction, M. Kupper (1975) a mesuré des rigoles creusées par l'eau à la vitesse de 30 mm par siècle et même, dans les eaux acides d'une rivière ardennaise, la Soor, de 90 mm par siècle.

Une autre action météorique sur le calcaire est celle du gel: plaçant des nappes de plastique au pied de parois calcaires, R. Michel (1978) a recueilli, durant l'hiver 1970-1971, les débris calcaires tombés de la roche; aux endroits de l'expérience, il a pu calculer que les gélifracsts représentaient un volume de 40 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> de paroi en un hiver. Si on extrapole cette donnée, on constate qu'elle équivaut à un recul de la paroi rocheuse de 4 mm par siècle.

Sous terre aussi, la dissolution est très active: elle y dépasse de loin en importance les transports de matière solide voyageant dans l'eau en suspension ou sur le fond du lit. Les transports solides sont en effet contrariés dans les grottes par les siphons, les étroitures et les anastomoses des cours d'eau souterrains. La dissolution est surtout énergique aux endroits où l'eau entre dans les chantoirs, chargée de gaz carbonique: c'est lors du premier contact avec le calcaire que l'eau agressive dissout le plus.

Quant aux effondrements, ils sont parfois impressionnants sous terre (fig 10.14): presque toutes les grandes salles des grottes sont jonchées d'éboulis. A la grotte du Père Noël, à Wavreille, dans le massif de Han-sur-Lesse, par exemple, la région de la Salle du Bivouac présente quelque 6000 m<sup>2</sup> d'éboulis d'un seul tenant, incluant de nombreux blocs de plusieurs dizaines de tonnes. Certaines grottes présentent des cassures d'aspect frais sur leurs parois et, à la grotte de Rochefort, dans une partie de la cavité fermée au tourisme depuis longtemps, un gros bloc de calcaire est tombé quelques semaines après un tremblement de terre.

On le voit, le milieu karstique est actuellement mouvant et en pleine évolution. Il est caractérisé par la vitesse de circulation des eaux, infiniment plus grande que dans les autres roches. La grande perméabilité hydraulique des aquifères karstiques est à l'origine de l'exploitation intensive des eaux des calcaires, qui représentent à elles seules 80% des eaux souterraines exploitées en Belgique! Mais la rapidité de circulation des eaux est aussi la cause de la transmission des pollutions et de la quasi inexistence de filtration naturelle dans beaucoup d'aquifères calcaires. Et c'est un non-sens dont il a existé de nombreux exemples autour de l'Ardenne que d'utiliser les réseaux souterrains karstiques à la fois comme moyen d'alimentation en eau... et comme égouts naturels. Les eaux des terrains solubles méritent d'être traitées avec plus d'égards (Ek, 1985).