

Introduction au Livre I

L'ORGANISATION SPATIALE des éléments du système karstique est le cœur du premier livre de ce travail. La structure du karst, l'agencement des différents composants du système est décrit avec la volonté d'une approche naturaliste basée essentiellement sur les observations de terrain et la cartographie de ces différents éléments.

Le système karstique est abordé depuis la zone d'introduction jusqu'à la zone de restitution des eaux. Un découpage en trois chapitres est le guide de cette étude structurée des morphologies du karst.

Le **chapitre 2** sera ainsi l'occasion d'aborder les *phénomènes karstiques de surface* dans toute la diversité et la complexité de leur organisation spatiale. Le rôle de la couverture argilo-sableuse sur les modalités de l'écoulement de l'eau et sur la répartition des structures karstiques de surface sera ici examiné. Il sera ainsi montré, en quoi la zone de contact entre la couverture et la masse calcaire est le siège d'une karstification intense structurant morphologies et écoulements de l'eau. La forêt de Trois Fontaines et les forêts alentours sont à ce titre des secteurs d'étude pertinents.

La dynamique propre à cette zone fait, en outre, apparaître des seuils qui président à la répartition et à l'organisation spatiale de ces phénomènes. Ces seuils d'ordre « structural » et « climatique » permettent de replacer le « sous-système introductif » du karst dans le cadre plus vaste des contrôles géologiques et climatiques. Les reculs des pertes et l'évolution des vallons karstiques se placent de même dans ce cadre dynamique.

Le **chapitre 3** abordera plus particulièrement la *zone de transit vertical* du karst. Elle est, elle aussi, sous la commande de la couverture (seuils d'épaisseur) mais aussi sous la commande de conditions tectoniques précises. Les reculs de puits sont l'expression d'une migration de la zone d'introduction de l'eau dans le karst. Ces reculs, marqués, de même, par des seuils seront étudiés à travers l'exemple du gouffre de la Sonnette.

Selon les situations hydrologiques, le transit de l'eau du plateau vers le fond de la vallée échappe parfois au karst. Des canyons de versants, comme le Pas Saint Martin, véritable ravin de raccordement, assurent ce transit et trépanent parfois d'anciennes structures de drainage vertical du karst.

Avec le **chapitre 4**, c'est la *zone de transit horizontal* du karst qui sera étudiée. Le système karstique du Rupt du Puits, avec ses 21 km de développement s'avère un terrain de recherche particulièrement intéressant. Les drains horizontaux du karst, par leurs morphologies variées, par leurs étagements relatifs, font apparaître des captures, qui témoignent de réorganisations successives du réseau hydrographique souterrain. L'étude des différents sites de captures permettra de reconstituer la mise en place de ces différents réseaux et de montrer le rôle des seuils (recul de couverture, variation du niveau de base) qui président à ces modifications parfois radicales des structures de drainage.

Ce **Livre I** ne se veut donc pas qu'une simple description analytique des éléments du système karstique dans le sens où elle s'inscrit dans le cadre systémique que nous avons précédemment défini. Cette première approche nous permettra d'aborder les structures particulières des systèmes karstiques sous couverture. L'organisation spatiale des morphologies exo et endokarstiques, les interactions qui régissent ces différents modules permettent de saisir les seuils et d'appréhender en partie la complexité de cette organisation.

Chapitre 2

Organisation spatiale de l'exokarst

Une dynamique de recul marquée par les héritages et les contacts

Une vaste doline « émergence perte » du Bois des Fosses au nord de Sommelonne. Noter au fond la petite émergence dans les calcaires hauteriviens et au premier plan la perte dans les calcaires portlandiens sous-jacents.

A large "rise-sink doline" of the Bois des Fosses, north of Sommelonne. Note in the background the small spring in Hauterivian limestones and in the foreground the swallow hole in the Portlandian limestones.

On fait la science avec des faits, comme on fait une maison avec des pierres; mais une accumulation de faits n'est pas plus une science qu'un tas de pierres, n'est une maison.

Henri POINCARÉ
La science et l'Hypothèse.

2.2 Les dolines, les pertes et les gouffres : le triptyque des phénomènes de surface

Les phénomènes karstiques de surface : les dolines, les pertes et les gouffres s'organisent en chapelet structurant un paysage karstique paradoxalement assez peu connu. Après un aperçu des éléments essentiels caractérisant ces trois formes de base (doline, perte et gouffre), nous verrons quels sont les facteurs qui commandent leur répartition et leur organisation spatiale.

2.2.1 La doline, forme élémentaire

La doline est une des formes élémentaires du karst d'infiltration et tous les auteurs s'accordent à dire que la doline est une dépression karstique fermée de dimension métrique à pluri-hectométrique tant dans la largeur que dans la profondeur (NICOD, 1972; JENNING, 1985; FORD et WILLIAMS, 1989; PELLEGRIN et SALOMON, 2001). Dans le domaine des karsts couverts qui nous intéresse ici, et notamment du Barrois, la doline est une dépression dont les rebords sont entièrement développés dans les matériaux non carbonatés de la couverture (*photo 2.1*). Dans certains cas, la dalle calcaire sous-jacente est atteinte, mais seulement dans le cas où le soutirage est suffisamment important.

Car c'est bien de soutirage dont il s'agit ici (*photo 2.2*). Le départ des matériaux, non solubles,

nécessite un enlèvement physique de matière et c'est le karst sous-jacent qui permet ce soutirage. Nous verrons plus loin les modalités complexes et les interactions qui lient le karst à sa couverture.

Un problème terminologique se pose. D'un point de vue strictement morphologique, la forme se présente comme un entonnoir aux parois plus ou moins abruptes et de section plus ou moins circulaire. Choppy (1989) parle d'«entonnoirs absorbants» en précisant néanmoins que le terme «entonnoir» risque de prêter à confusion avec les dolines en entonnoir desquelles ces formes se distinguent. C'est vrai, et il nous semble plus intéressant de conserver le terme de doline, en l'affublant d'un adjectif.

Gamez et Sary (1979), Sary (1984) puis Gamez (1992), parlent simplement de dolines quand ils décrivent les dépressions de la Woëvre septentrionale, mais précisent qu'il s'agit de *suffosion* karstique quant à l'entraînement des matériaux. En outre, les anglophones utilisent le terme de «suffosion doline» pour caractériser ces dépressions (FORD et WILLIAMS, 1989). Parler de doline suffosante (ou plutôt suffosée) semble alors séduisant, mais la suffosion en tant que telle se limite plutôt à l'entraînement de matières par voie «mécanique» au sein de matériaux non carbonatés (SALOMON 1987). Le fait de préciser suffosion karstique (GAMEZ, 1992), montre bien qu'il s'agit d'un soutirage «mécanique» généré par un karst sous-jacent mais ceci peut induire, dans certains cas, une certaine confusion.

Pellegrin et Salomon (2001) proposent une typologie des dépressions karstiques à partir des processus qui commandent la mise en place de ces formes (*fig. 2.4*). Cinq processus coexistent en fonction de la dynamique et de l'évolution du système : l'hydrocompaction, la dissolution, la suffosion, le soutirage et l'effondrement. Ces processus ne sont pas exclusifs les uns par rapport aux autres et agissent souvent de concert, même si l'un ou l'autre est dominant.

– *l'hydrocompaction* est l'entraînement des particules les plus fines en profondeur, dans un sédiment à grande porosité, peu compacté, plutôt aggloméré. Les terrains affectés sont du type sablo-argileux, limoneux ou loessiques. Ces particules s'accumulent alors en fond de cuvette et génèrent une diminution de la porosité qui conduit à l'étanchéification de la dépression ;

– *la dissolution* est un processus de mise en solution d'une roche soluble par un agent agressif (l'eau chargée de CO₂, dans la plupart des cas) ;

– *la suffosion* est l'évacuation en profondeur des particules fines sous l'action des eaux d'infiltration. Il n'y a pas d'accumulation, car tous les éléments sont emportés loin dans le profil. Un soubassement rocheux sensible à la dissolution est un facteur favorable à la suffosion ;

– *le soutirage* est l'aspiration d'éléments non carbonatés par des vides sous-jacents. L'entraînement des particules conduit à la digestion complète de la couverture sans horizon d'accumulation ;

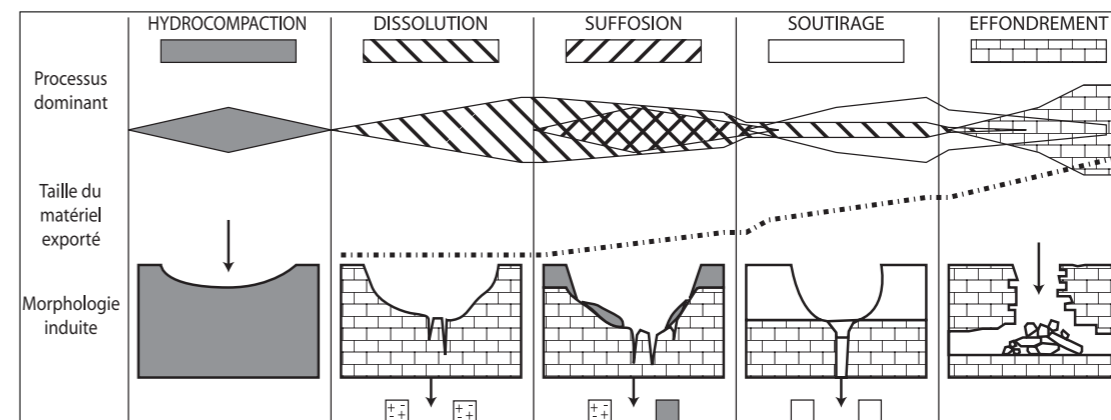
– *l'effondrement* est un stade ultime du soutirage ou de la dissolution. Les éléments souvent grossiers sont entraînés gravitairement par rupture de la voûte d'un conduit karstique.

▽ 2.1: Dolines de soutirage dans le Bois des Friches au nord de Sommelonne. Toute la dépression se développe dans les dépôts argilo-sableux du Crétacé. Les calcaires portlandiens sont parfois visibles au fond de la cuvette mais souvent un bouchon de matériaux soliflués empêche leur reconnaissance.

Suffosion doline in the Bois des friches, north of Sommelonne. Depression develops in the cretaceous clayey sand. Sometimes, portlandien limestones outcrop at the bottom of the doline but often solifluxion material prevents outcrop.



△ 2.2: Doline de soutirage active typique du karst du Barrois. Notez la forme parfaitement circulaire, les versants argileux, la couverture pédologique et le réseau de racines tronqué par le soutirage. Notez enfin la courbure des arbres contemporaine de leur croissance et attestant du caractère continu du soutirage karstique. Typical Barrois karst suffosion doline. Note the circular shape, the clayey slopes, pedologic cover and root networks truncated by the downwashing. Note at last tree curvature which shows that tree growth is contemporaneous of the continuous downwashing.



△ Figure 2.4: Fonctionnement théorique des différents processus aboutissant à la formation des dépressions de surface (d'après PELLEGRIN et SALOMON, 2001). Theoretical operation of the different processes that result in the formation of the surface depressions.

C'est donc tout simplement le terme «soutirée», ou «de soutirage» qui nous semble le mieux, pour être accolé à celui de doline dans la description de ces dépressions des karsts couverts du Barrois.

On observe ainsi une certaine variété de formes et il est possible de proposer une typologie basée sur deux paramètres (*fig. 2.5*), l'épaisseur de la couverture et l'activité de soutirage du karst.

2.2.2 Typologie des dolines du Barrois

L'observation de centaines de dolines du Barrois permet de distinguer quatre types plus ou moins graduels (*fig. 2.5*).

Type 1: il s'agit de puits débouchant en surface quasiment directement, avec pour toute entrée, une microdoline de moins de 20 cm de profondeur. La dalle calcaire est affleurante (en réalité toujours masquée par une couverture résiduelle de quelques dizaines de centimètres d'épaisseur). C'est une forme déjà assez aboutie témoignant de l'érosion d'une tranche de couverture laissant le gouffre sans doline. Lorsque ces entrées sont bouchées, ce sont souvent par des colmatages peu importants.

Type 2: Ce sont de petites dolines aux rebords assez raides et débouchant rapidement sur un gouffre pénétrable ou non selon les cas. Comme dans le cas précédent, si un colmatage occupe le fond de la dépression, celui-ci est toujours réduit.

Type 3: c'est le type qui donne les dépressions les plus volumineuses car l'épaisseur de couverture soutirée est importante, ce qui ne présage d'ailleurs en rien du diamètre du conduit qui a conduit à la digestion d'un tel volume. Les plus grandes de ces dolines peuvent atteindre une cinquantaine de mètres de diamètre pour une profondeur d'une quinzaine de mètres. Certaines de ces formes présentent des comblements importants. Quand c'est le cas, c'est qu'un apport par ruissellement de surface n'a pu être digéré par la doline saturée.

Type 4: c'est l'amorce du type 3 avant que la digestion du matériel ne soit véritablement entamée. Ce sont des dépressions modestes, et c'est leur localisation, par rapport au contact stratigraphique (couverture/calcaire) sous-jacent qui laisse supposer que le phénomène commence seulement. Dans beaucoup de cas, ces formes se reconnaissent aux abords des grandes dolines de type 3, ou dans les rebords de ces mêmes grandes dolines.

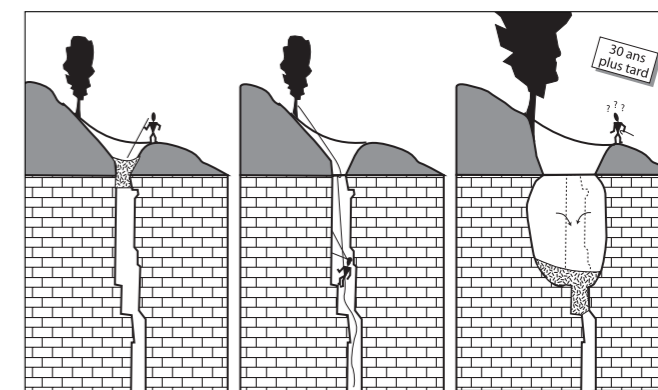
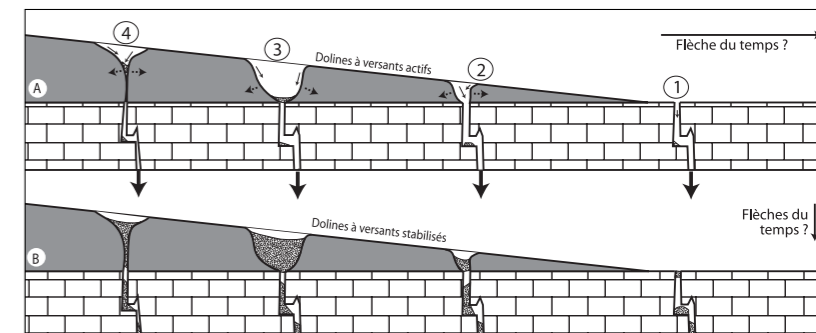
Il existe évidemment de nombreux types intermédiaires et certaines dolines peuvent même se télescoper par emboîtement de formes. Il est à noter la différence notable qui existe entre la taille des dolines (métriques à plurimétriques) et le diamètre du conduit souterrain (métrique au plus dans sa partie supérieure) qui a conduit à leur naissance (PHAILLETES, 1998). Quelles que soient la forme

et la taille de la doline, le puits a toujours une ouverture de 0,5 à 5 m maximum pour la plus grande extension.

En outre, les formes les plus vives ne sont pas forcément les plus jeunes. Elles traduisent simplement le degré d'activité de soutirage et peuvent être interprétées, dans certains cas, comme des formes rajeunies. En effet, si l'on considère que les gouffres ont tendance à digérer la couverture, via les dolines, il est raisonnable de supposer que les formes les plus abouties sont celles où la couverture fait presque totalement défaut. Cependant on connaît, en maints endroits, les différents stades, avec un caractère de soutirage prononcé ou non. Cela tient en fait à la disparité de la répartition spatiale de la qualité du soutirage, qualité dépendant elle-même de l'activité du karst sous-jacent. À bien des égards, les entrées de gouffres présentent un fonctionnement similaire lié au degré d'ouverture des formes (*fig. 2.6*).

Avant de quitter le domaine des dolines pour celui des pertes, il nous semble intéressant de mentionner le cas particulier des mardelles.

▽ Figure 2.5: Typologie selon l'épaisseur de la couverture et la vigueur du soutirage des dolines du karst couvert du Barrois. Typology according to thickness of the covering and the extraction capacity of the dolines in the covered karst of the Barrois.



△ Figure 2.6: Désobstruction des entrées de gouffres de la Haie Cabuche (nord-ouest de Bar-le-Duc) et mise en action de la gélifraction. Les mesures faites entre 1970 (DEVAUX, 1974) et 1999, sur 13 gouffres de ce secteur, montrent que les orifices d'un diamètre supérieur à 0,70 m ont subi les actions du gel et ont vu leurs entrées doubler et leur profondeur diminuer par comblement. Les cavités à entrée plus étroite se sont rebouchées en surface par fluage de la couverture. Opening of the entrances to the Haie Cabuche caves (North-West of Bar-le-Duc) and ice-fracture. Measurements taken between 1970 and 1999, in 13 caves in the sector, show that orifices greater than 70 cm in diameter present signs of ice weathering and have doubled in size and their depth diminish due to rubble. Caves with smaller entrances have closed due to the flow of the covering cap rock.