

## CHAPITRE 5

# ÉTUDE DU KARST

Joël RODET

### Introduction

Le karst est un milieu spécifique, fortement inscrit dans les paysages et les mentalités de nos régions, et ce depuis les premières occupations humaines. C'est aussi un milieu conservateur dans lequel se maintiennent plus ou moins bien des témoins de phases géomorphologiques passées. C'est un piège duquel l'archéologue exhume les traces du passé.

Cependant ce milieu est difficile à comprendre. Il faut l'explorer physiquement, analyser les formes et leur organisation, dégager la chronologie des événements, saisir la dynamique des processus, et restituer l'ensemble dans son contexte paléogéographique.

Le site de Ranville se développe dans un milieu karstifié. Ce contexte a permis la conservation de la plupart des éléments archéologiques, mais sa complexité de lecture nécessite une approche pluridisciplinaire dont les résultats sont limités par l'aspect résiduel et fractionnel des lieux examinés (carrière en exploitation). C'est ce décryptage que nous vous présentons.

### Qu'est-ce que le karst, ses apports à l'archéologie

Le karst est le processus qui permet le développement de vides individualisés à partir de l'altération d'une masse, mais aussi le fruit de ce processus. Historiquement, on associe le karst aux formations carbonatées (surtout les calcaires), mais les recherches récentes permettent d'étendre cette définition à la grande majorité des roches silicatées, la silice étant solubilisée en lieu et place du calcium.

Le karst régit la circulation concentrée de l'eau dans la masse rocheuse. En fonction de son degré de développement, le karst est inféodé à la structure du massif (stratigraphie et tectonique) ou s'en affranchit pour se développer selon la gravité ou gradient hydraulique. La qualité poreuse d'un milieu augmente l'incidence du gradient hydraulique et diminue celle de la structure. La dynamique de l'eau qui transite dans le karst permet de définir deux grandes zones dans le massif : le karst d'introduction et le karst de restitution (Rodet *in* Miskovsky 2002:167-187).

### Le karst d'introduction

Si elle ne ruisselle pas jusqu'à la rivière, l'eau superficielle s'évapore ou est capturée par la végétation, mais une partie plus ou moins importante est introduite dans le sous-sol. Le karst d'introduction est régi par la pesanteur qui contraint l'eau introduite sur un massif à progresser vers le bas jusqu'à un niveau dit "de base". La dominante du parcours est verticale (fig. 42). Chaque



**Figure 42** - Arche de la "Porte d'Aval", Etretat (Seine-Maritime) : racine du manteau d'altération vidée de son contenu meuble par recouplement topographique (Cliché Joël Rodet).

*Figure 42 - Solution pipe emptied of its movable contents by topographic stepping. "Porte d'Aval" arch, Etretat (Seine-Maritime) (photo Joël Rodet).*

drain peut évoluer indépendamment et les convergences sont aussi hypothétiques que les diffuences. La progression d'une eau chimiquement active est ralentie par l'atténuation jusqu'à saturation de son potentiel chimique de dissolution. De ce fait, la karstification progresse par un front d'altération où la dynamique des échanges chimiques est complexe et mal connue, bien que les processus soient globalement identifiés. Il y a des phases successives et spatialement voisines, voire surimposées, de solubilisation, de précipitation, de re-solubilisation, accompagnées de la constitution d'un stock d'insolubles qui peut limiter, voire inhiber les processus chimiques. Il en résulte la mise en place de formes spécifiques, définies comme "racines du manteau d'altération", en fait des fronts plus ou moins individualisés du front d'altération au toit de l'encaissant, souvent installés sur les accidents tectoniques (mais ce n'est pas obligatoire, notamment sous couverture peu perméable). Ces "racines" s'expriment sous forme de puits sub-verticaux, parfois tubulaires à l'image des "tuyaux d'orgue" de la Basse Meuse (Willems *et al.* 2005), mais le plus souvent en forme d'entonnoir, cette dernière forme soulignant bien l'incidence de l'atténuation du potentiel de dissolution au fur et à mesure de la descente du flux dans le massif (Rodet 1992). Les gouffres qui s'ouvrent sur les plateaux calcaires résultent pour partie de ce processus, leur remplissage étant évacué par l'ouverture du drainage vers l'aval.

Le contenu meuble des racines est hétérogène. Il résulte partiellement des insolubles du front d'altération et donc on les retrouve préférentiellement en périphérie de la forme. Le cœur, en creux, est comblé par les formations de surface piégées par la dépression. En Normandie, il est commun d'identifier une périphérie et une base argileuses, généralement des smectites sous la forme d'argiles noirâtres extrêmement plastiques, souvent lubrifiées, qui enregistrent des phases d'assèchement relatif sous forme de polyèdres. Les fentes de réticulation deviennent les voies royales de descente des eaux de précipitation qui re-lubrifient l'encaissant qui présente alors des mouvements de descente en saccade, ce dont témoignent les rayures de glissement imprimées sur les faces des polyèdres. La stratigraphie du comblement de la racine se présente sous la forme d'une poche fortement incurvée, les formes introduites le plus récemment se trouvent au cœur et au centre de la forme, les plus anciennes en périphérie et en bas. Cependant les accidents de réticulation peuvent inverser cette tendance : certaines fentes périphériques peuvent laisser passer d'importantes masses terrigènes exogènes lors d'épisodes particulièrement productifs. Ainsi peut-on observer des veines conséquentes de lœss au contact de l'encaissant et du produit d'altération. Ce dernier cas sous-tend aussi un développement karstique en aval du lieu d'observation.

### *Le karst de restitution*

L'eau qui pénètre dans un massif est appelée à être restituée à sa périphérie, après un certain délai, sous forme concentrée (source) dans les milieux karstifiés. En conséquence, à l'opposé du karst d'introduction, tant de par sa position géographique, que de par sa dynamique de creusement, se développe le karst de restitution. Sa fonction est de concentrer les eaux introduites dans le massif et de les restituer dans les vallées. Cette concentration se réalise au toit du niveau de base qui envoie le massif. En théorie, ce niveau de base peut être hydrologique

(accumulation d'eau, ennoisement par subsidence), ou structural (niveau lithologique écran, pression lithostatique fermant les vides potentiels...). En pratique, il est toujours lié à la présence d'une masse d'eau plus ou moins puissante, plus ou moins mobilisable.

Le premier rôle du karst de restitution est de collecter les eaux d'introduction. En cela, toutes les eaux introduites rencontrent, à une certaine profondeur, un obstacle à leur progression verticale : elles s'accumulent et s'écoulent latéralement jusqu'à rejoindre, après un délai pouvant aller de quelques heures à des milliers d'années, l'extérieur en pied de relief. La vitesse d'évacuation va dépendre des conditions de drainage de la zone de restitution, deuxième fonction du karst de restitution.

Dans un milieu poreux, les eaux introduites peuvent s'accumuler et leur évacuation, résultant de la pente ou gradient hydraulique, va se réaliser par surcharge amont, en progressant de vide en vide. Dans un milieu imperméable, ces vides sont les faiblesses structurales de la masse (discontinuités lithologiques, accidents tectoniques). La qualité karstique peut s'exprimer dès lors que le milieu est susceptible aux agents de la spéléogénèse. C'est ainsi qu'on observe des noyaux d'altération (mise en solution de l'encaissant) largement sous le niveau de base local ou régional, dans l'épaisseur de la masse noyée. Une hypothèse hydrobiologique est en cours d'expérimentation qui pourrait contribuer à ce phénomène. La continuité hydrologique entre la zone d'accumulation et la restitution à l'extérieur est assurée par le niveau de base. C'est au sommet de cette accumulation hydrique que l'eau est la plus mobile et aussi la plus efficace chimiquement.

Lorsque la goutte d'eau arrive à l'extérieur, elle se libère des contraintes du milieu souterrain, et notamment du frottement imposé par les parois (indice de rugosité) : si elle atteint un niveau noyé, elle est freinée par les autres molécules d'eau, si elle atteint l'air libre, elle pénètre plus facilement l'atmosphère que le milieu hydrique, et donc connaît une accélération qui libère un espace immédiatement à son amont qui peut être occupé par une autre goutte d'eau. En conséquence, on peut distinguer trois milieux à effet de paroi plus ou moins contraignant, dans l'ordre croissant : l'air, l'eau, la roche. La vitesse différentielle d'écoulement permet le dégagement d'une dépression qui crée un gradient hydraulique guidant l'eau à partir des milieux plus contraignants. Il en résulte un apport d'eau de plus en plus important mais aussi une accélération de l'écoulement. En même temps, l'interface eau-air favorise les échanges gazeux et les rééquilibres chimiques peuvent favoriser la dissolution de l'encaissant. Si l'on associe la vitesse, autorisant l'évacuation des insolubles et des dissous, mais aussi une empreinte morphologique (érosion par frottement), à des échanges chimiques permettant la mise en solution de l'encaissant, se trouvent réunis les éléments autorisant une érosion régressive. Celle-ci, commandée par le point de restitution, va peu à peu pénétrer dans le massif, en s'appuyant sur le niveau de base où s'accumule l'eau d'introduction, et par recouplement va mobiliser cette réserve qui alimente et soutient le débit du réseau d'émergence. Dans sa conquête régressive à l'intérieur du massif, le karst de restitution va collecter les drainages d'introduction, réalisant des liaisons hydrokarstiques (perte-résurgence), et autorisant le développement de circulations dont la dynamique peut permet-



**Figure 43** - Drainage basal du karst de Ranville : reliefs résiduels des cloisons détruites par la coalescence de drains formant un collecteur à partir d'un réseau anastomosé. Ces formes et cette évolution sont spécifiques de la dynamique hydromorphologique des karsts de restitution (Cliché Dominique Cliquet).

*Figure 43 - Residual reliefs of walls destroyed by the coalescence of drains forming a collector starting from an anastomatic network. These forms and this evolution are specific hydromorphological dynamics of the output karst. Basal drainage of the karst of Ranville (photo Dominique Cliquet).*

tre le débouillage des primodraines encombrés de leur produit d'altération et des éléments exogènes piégés, et le calibrage des conduits par le flux concentré. Cette organisation du réseau souterrain primitif par les connexions karstiques génère une hiérarchisation des drains. Certains sont déconnectés et conservent leur produits d'altération, d'autres connaissent une phase d'activité autorisant l'évacuation des produits d'altération, mais sont déconnectés ensuite ce qui autorise leur comblement par des éléments terrigènes exogènes (par exemple des lœss) tandis que les drainages pérennes vont se concentrer sur les axes les plus efficaces où ils vont autoriser l'évacuation des éléments détritiques, l'empreinte de leur dynamique se marquant sur la morphologie des parois et leur agencement (fig. 43).

### *Le karst, conservatoire de l'évolution*

Au cours de l'évolution cénozoïque, pour ne pas examiner le cas des très anciens karsts, les contraintes structurales ont été suffisamment variables et importantes pour modifier, et parfois bouleverser, le contexte géomorphologique contraint par les forçages climatiques. Le champ de modification des contraintes structurales dépend fondamentalement du secteur géographique concerné et n'est pas comparable entre une zone de craton stable (socle du Brésil central ou d'Afrique centrale), une zone de front de plaque (Andes ou Alpes) ou un grand bassin sédimentaire (Bassin de Paris). De même, l'appartenance à une zone climatique n'a pas les mêmes conséquences selon qu'il s'agisse d'une zone à stabilité climatique (zone tropicale) ou d'une zone d'instabilité climatique quaternaire (zone tempérée) : le forçage climatique des successives glaciations quaternaires n'a pas la même incidence sur les systèmes karstiques qu'une succession de climats tropicaux plus ou moins humides pendant le Cénozoïque. Dans ce dernier cas, cette succession qui globalement peut être considérée comme une certaine stabilité du forçage climatique, permet le développement de systèmes karstiques conséquents dans des roches siliceuses. Quelles sont donc les



**Figure 44** - Grotte de la Jacqueline, Caumont (Eure) : galerie polygénique montrant la surimposition de deux drains superposés par la remontée légère du niveau de base. Le conduit basal, initial, est encombré de sédiments et connaît une phase de creusement phréatique tandis que le conduit supérieur, postérieur, se développe en siphon dynamique (cliché Joël Rodet).

*Figure 44 - Polygenic gallery showing the epigenesis of the upper drain over the original one, resulting from the water level rising slightly. The basal conduit is infilled by sediments and offers a phreatic wall morphology while the upper conduit develops the morphology of a dynamic siphon over the filling. The Jacqueline cave, Caumont (Eure) (photo Joël Rodet).*

principales adaptations d'un système karstique à des variations conséquentes de son contexte structural ou/et climatique ?

*En milieu continental*, l'essentiel des adaptations d'un système karstique répond à des modifications géomorphologiques, souvent induites par des contraintes structurales. Pris entre deux marges tectoniques active (Les Andes) et passive (Serra do Espinhaço), le plateau du Mato Grosso du Sud subit une subsidence. En conséquence, les massifs karstifiés de la périphérie du Pantanal connaissent une phase d'ennoiement, et les plongeurs-spéléologues découvrent des salons ornés de concrétions majestueuses, plusieurs dizaines de mètres sous le toit de l'aquifère régional. Ailleurs, c'est l'effondrement d'un graben qui abaisse subitement le niveau de base régional et suspend les drainages karstiques plusieurs dizaines de mètres au-dessus du nouveau niveau de base. Ces modifications spectaculaires bouleversent les équilibres dynamiques des systèmes karstiques. Certains de ces systèmes peuvent être déconnectés et se fossiliser. D'autres, au contraire, vont connaître une nouvelle phase de spéléogénèse, avec creusement de nouveaux drains, court-circuits, cascades, trous de serrure, canyons souterrains, comblements de drains, chenaux de voûte, etc. L'expression la plus spectaculaire reste l'étagement du réseau souterrain.

*En milieu littoral*, le développement souterrain peut prendre une dimension spécifique dès lors que le réseau n'est pas amputé par le recul du front côtier et que la fonctionnalité du système est préservée (fig. 44).

Dans la zone tempérée, les fluctuations du niveau marin, engendrées par les phases climatiques quaternaires, ont fortement perturbé les drainages souterrains et épigés, par la succession de transgressions et de régressions, transformant des estuaires en fond de baie ou en fleuve. Les transgressions ont entraîné des ennoiements des réseaux, des pertes de compétence des drainages et donc des sédimentations dans les conduits, l'ouverture de

drains verticaux à la voûte (cheminées d'équilibre), des remontées des exurgences sous forme de source vauclusienne, et le développement de nouveaux conduits horizontaux au toit de l'enneigement.

Les régressions ont entraîné un abaissement conséquent du niveau de base (jusqu'à 200 m en Manche au Weichselien, plus de 1500 m en Méditerranée durant la crise messinienne), suspendant les drains. Les drains fossiles sont restés comblés, les drains actifs ont été libérés de leurs sédiments, et à leur base s'est développée une incision verticale de type canyon, puits, cascade, avec la suspension de terrasses reliques (trou de serrure), mais aussi des effets de court-circuit d'un drain par un autre, ancien ou nouvellement ouvert, des effets de soutirage par des circulations erratiques intra-remplissage.

À cet étagement multiple et complexe, sont associées des diffluences latérales mises en place lors d'épisodes spécifiques, soulignant le déplacement des points d'émergence mais aussi la modification de la morphologie extérieure. La conjonction diachronique de ces étagements et de ces diffluences définit la notion de "réseau karst deltaïque", signal géomorphologique spécifique de l'adaptation d'un système karstique aux variations du trait de côte durant les successions climatiques, en l'occurrence du Quaternaire pour les régions bordières de la Manche. Curieusement, c'est dans les vallées profondes, comme la Basse Seine, que se développent les plus beaux exemples de cette organisation, en raison de l'éloignement du trait de côte qui gomme les exemples littoraux sensu stricto par recul du front des falaises.

### *Et l'archéologie*

Dans ses rapports à l'archéologie, le karst est un outil intéressant mais malaisé d'usage, ne serait-ce qu'en raison de la différence importante d'échelle entre les deux disciplines : l'archéologie travaille à l'échelle de la génération, sur quelques milliers d'années pour une culture, sur quelques dizaines de milliers d'années pour les occupations discontinues. La karstologie travaille sur la dizaine de milliers d'années pour l'adaptation d'un système à des modifications géomorphologiques, sur la centaine de milliers d'années pour la structuration du système. Les épisodes courts (en milliers d'années) ne sont qu'aléatoirement enregistrés par le karst. Comment, dans un cadre chronologique aussi ouvert, sérier un épisode humain de quelques centaines à quelques milliers d'années ?

En fait, ce n'est pas dans la genèse et l'évolution du système karstique que l'archéologue pourra espérer dégager des éléments de repère pour sa propre recherche, mais bien plutôt dans les petites retouches accidentelles et le rôle de piège sédimentaire du réseau karstique : une racine trépane un drain basal et c'est l'irruption de son cortège sédimentaire dans la galerie, un réchauffement printanier et c'est l'introduction d'une masse lœssique dans le réseau mais aussi l'érosion d'un dépôt antérieur, un toit s'effondre et c'est un sol qui est fossilisé, un porche se bouche et c'est toute une galerie qui est soustraite aux incursions à venir, etc. Ces modifications internes, dans la grotte, soulignent des modifications en surface, souvent bien plus importantes et beaucoup plus nombreuses, mais dont les

indicateurs disparaissent. Il en est ainsi de gîtes de matières premières lithiques qui ont pu fournir les peuplades préhistoriques et aujourd'hui n'existent plus, tandis que d'autres sont mis au jour depuis, par l'érosion. C'est pourquoi l'intervention d'un karstologue est presque toujours indispensable si l'on souhaite obtenir le maximum d'informations du cadre naturel. Et cela peut paraître curieux, mais si, presque toujours, le karstologue a besoin d'aller examiner les réseaux karstiques voisins, ce n'est pas pour satisfaire une curiosité personnelle, mais parce qu'il lui est nécessaire de relativiser ses observations dans un contexte élargi, afin de saisir l'importance des particularismes du site étudié. J'ai eu les pires difficultés à faire admettre cet aspect à une mission archéologique qui m'avait demandé une expertise sur un secteur situé à des milliers de kilomètres de mes repères karstologiques.

Quelques marqueurs peuvent être utilisés pour aider l'archéologue dans sa recherche de points d'ancrage chronologique. C'est surtout le cas des concrétionnements calcitiques qui viennent fossiliser des éléments antérieurs. Cette calcite peut être datée dans des conditions spécifiques, dans son rapport Ur/Th, tout comme on peut dater de la matière organique par la méthode du  $^{14}\text{C}$ , si les conditions de dépôt et de conservation y sont favorables... Sur ces méthodes, leurs limites et leur usage possible, nous renvoyons le lecteur à la volumineuse bible "Géologie de la Préhistoire" (Jean-Claude Miskovsky 2002).

### **Les phénomènes karstiques de Ranville**

Dès 1860, Luard soulignait le développement de phénomènes karstiques, à Mondeville, entre Caen et le littoral, dans les formations carbonatées de la rive droite de l'Orne. Druet (1972:53-54) semble être le premier à signaler l'existence de cavités naturelles dans l'emprise de la cimenterie de Ranville. Mais la réelle connaissance de cavités karstiques dans les calcaires bathoniens de Ranville remonte au début des années 1980, lorsque le front d'exploitation de cette même carrière (Ciments français) recoupa un ensemble souterrain fossile reconnu sur près de 300 m de développement (Leboulanger 1982). Les contraintes d'exploitation ont, néanmoins, autorisé des études limitées de ce réseau, avant que la progression du front ne détruise ces témoins (Delabroise 1983; Delabroise & Flageollet 1984).

Au début des années 2000, une découverte paléontologique fortuite (Cliquet *et al.* 2003) a motivé la conduite d'une étude pluridisciplinaire sur un nouveau développement souterrain, sous l'égide du Service Régional de l'Archéologie de Basse-Normandie (Cliquet *et al.* 2004).

### *Description*

Comme évoqué précédemment, le réseau karstique se développe sous un petit plateau en éperon, culminant vers 43 m NGF, entre la vallée profonde de l'Orne (à l'ouest) et le vallon de l'Aiguillon (est et nord) affluent de l'Orne. Son étendue plane, de quelques centaines de mètres de côté, ne présente pas de relief particulier, si ce ne sont quelques dolines qui ponctuent la surface.

Dans le centre de l'exploitation nord-ouest, sur un front d'extraction orienté NE-SW, nous avons observé, vers +30 m

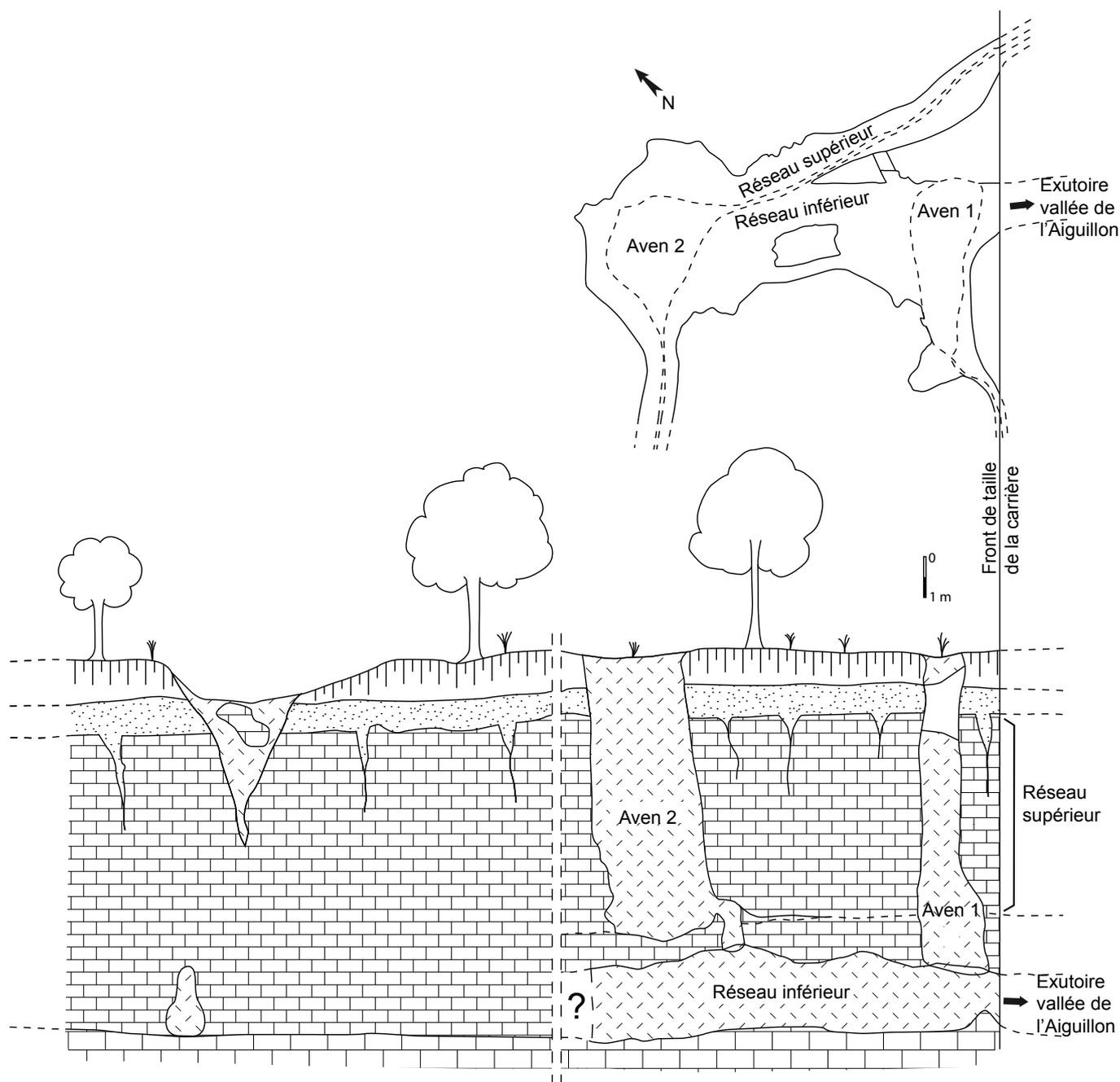


Figure 45 - Développement du réseau karstique.

Figure 45 - Karst development.

NGF, à deux reprises, un abrupt affecté de phénomènes karstiques fossiles comblés dont le remplissage contenait de la paléo-faune et de l'industrie lithique. Ces deux visites ont permis de visualiser en trois dimensions les phénomènes karstiques étudiés.

Lors de notre premier passage sur le site, la partie visible du collecteur basal et la topographie locale (proximité de la vallée de l'Orne) nous avaient engagés à envisager un sens d'écoulement est-ouest, vers la vallée de l'Orne. Lors de la seconde visite, le réseau était dégagé et l'ensemble visitable, beaucoup plus important, nous a apporté des indices permettant d'affirmer que l'écoulement se faisait de l'ouest vers l'est, et donc, non pas au profit de la vallée de l'Orne, mais à celui de la vallée de l'Aiguillon, son affluent.

Le réseau exploré se compose de quatre éléments fondamentaux (fig. 45):

- deux avens comblés, situés à 5 m l'un de l'autre,
- deux ensembles de restitution sub-horizontaux étagés.

Les deux avens étaient comblés lors de leur découverte. Le premier aven était aux trois-quarts rempli, un bouchon obturant l'ouverture ; le second puits était quant à lui complètement comblé.

**Le premier aven ou puits 1**, à l'est, fut le premier trépané par le front de carrière. Ce puits est connecté au réseau basal du drainage de restitution, établi 11 m sous le plateau. Sur ce réseau basal, débouche, par quelques petits ressauts, le deuxième drainage de restitution, suspendu 2 m plus haut (9 m sous le plateau), et sur lequel est connecté le deuxième gouffre.

Le premier puits est installé sur un accident tectonique sensiblement parallèle au front de carrière, ce qui lui donne une section oblongue de 4 m sur 1,5 m. Il présente une verticale de 9,30 m, puis rejoint par une série de trois ressauts sur 1,70 m de dénivellation, le drainage basal. Le troisième ressaut est le plus important avec 0,80 m de hauteur selon une obliquité qui déplace la base à 3 m de l'aplomb. Dans le comblement de ce puits, ont été retrouvés, entre autres, des ossements, en connexion, d'un éléphant antique.

Cet ensemble apparaît entaillé par un petit "chenal" comblé par des limons et sables lités dépourvus de vestige, dérivés des less du dernier glaciaire, correspondant au réseau supérieur.

**Le second aven ou puits 2**, situé 5 m plus à l'ouest, est globalement circulaire (2 x 2,5 m). Il offre une verticale de 9 m, au fond en cul de sac. À 0,40 m au-dessus de sa base, dans sa paroi nord, s'ouvre un étroit conduit de fuite connecté au drainage suspendu, 9 m sous le plateau. La base du puits est occupée par des marmites coalescentes en forme de patte d'ours. En fait, il s'agit d'un surcreusement basal par front d'altération sous couverture qui progresse lentement vers un niveau de base plus profond. On est en droit d'attribuer cette morphologie à la phase d'abaissement du niveau de base de -9 m vers -11 m, intervenant après le comblement de l'aven.

Le comblement de ce puits est différent de celui du précédent. Contre la paroi opposée au conduit de fuite a été observé un comblement homogène, constitué d'argiles ne comportant aucun vestige. Le tiers nord-est de l'aven contenait, quant à lui, un remplissage (fig. 46), comparable à celui du premier puits, incorporant des vestiges lithiques et fauniques. Ces derniers présentaient un moins bon état de conservation que les ossements collectés dans le premier aven. Le conduit de fuite était lui-aussi comblé d'un dépôt hétérogène, dans lequel ont été identifiés des artefacts lithiques et des ossements de grands mammifères altérés dont ceux d'un éléphant.

La comparaison de ces deux formes verticales apporte des informations importantes :

1- elles ne sont pas équivalentes. Le premier puits offre une forme oblongue en continuité avec un aval qui reste du même ordre de dimensions. Le second puits présente une forme sub-circulaire, plus en accord avec les formes classiques d'introduction du karst, et la solution de continuité hydrologique passe par un drain sous-dimensionné et suspendu au-dessus du fond de la forme verticale.

2- elles sont diachroniques. Si elles se sont mises en place à la même époque, leur évolution a été distincte, tant dans l'espace que dans le temps. On peut attribuer les deux qualités de conservation des restes archéologiques à ce fonctionnement diachronique des avens, en liaison avec l'abaissement du niveau de base : dans le premier aven, l'abaissement est accompagné de l'ouverture et de la liaison directe de la forme verticale avec le drainage de base, alors que dans le deuxième aven, cet abaissement se traduit par un essai de jonction via le conduit de fuite qui rapidement se comble, et par la progression lente du front d'altération en patte d'ours.

3- elles illustrent des fonctionnalités différentes :

i) L'examen topographique du premier aven montre très clai-



**Figure 46** - Hétérogénéité du remplissage du second puits. Seul le tiers nord-est du comblement incorpore des vestiges archéologiques (clichés Dominique Cliquet).

*Figure 46 - Heterogeneous fill of the second shaft. Only the north-eastern third of the fill contains archaeological remains (photos Dominique Cliquet).*

rement que le puits (karst d'introduction) est connecté au drainage de restitution, par des ressauts dans un conduit qui conserve sensiblement la même emprise que le puits lui-même. La connexion en marche d'escalier laisse supposer que le premier puits s'est relié à un niveau de drainage déjà établi mais encore fonctionnel. Sa fossilisation accompagne celle du drain basal.

ii) Le second puits est foncièrement une forme d'introduction bloquée dans sa descente par un niveau de base, mais dont la connexion avec le drainage de restitution n'est avérée que lors d'un épisode tardif de reprise du drainage dû à une nouvelle activité du réseau (capture du drainage supérieur ?).

iii) En conséquence, on peut affirmer que le puits 1 était un accès au drainage souterrain alors que le puits 2 n'était qu'une perte, sans liaison directe avec le drainage basal, à l'image des nombreuses racines du manteau d'altération qui couvrent les formations crayeuses de la Normandie orientale (Rodet 2004).

**Le drainage basal** est l'axe majeur de restitution de l'ensemble qui devait s'écouler vers le nord-est, en direction du vallon de l'Aiguillon. La partie explorée se dispose d'ouest en est et a été reconnue sur une douzaine de mètres : elle est plus ou moins oblique au front de carrière. Elle se compose d'un drain d'environ 0,80 m de large pour près de 1,5 m de hauteur, sur lequel sont connectés plusieurs petits drains anastomosés qui soulignent une phase initiale complexe d'évolution et de concentration du drainage sur une emprise supérieure à 3 m de largeur. De nombreux petits piliers témoignent clairement de ce passage d'un réseau anastomosé à un mono-collecteur, évolution classique des drainages karstiques évolués (Rodet 1992; Rodet *et al.* 2006). Au toit de ce drain basal, débouche par petits ressauts un drain supérieur. Ce conduit, au profil en trou de serrure, est alimenté par un amont qui draine le deuxième puits. Juste en aval de cette confluence, le premier puits est directement connecté au drain basal, par une courte galerie accidentée de trois ressauts.



Figure 47 - Drains des deux niveaux du réseau karstique (cliché Jean Barge).  
Figure 47 - Drains of both levels of the karstic network (photo Jean Barge).

**Le drainage supérieur** se développe, à partir du puits 2, selon un axe sud-ouest – nord-est, et est recoupé obliquement par le front de carrière. La partie en amont du puits 2 n'a pas été reconnue. Ce drainage est constitué d'un conduit étroit (0,10 à 0,20 m) et bas, d'une dizaine de mètres de développement, dont un amont non reconnu, provient de l'ouest, en évitant la base du puits 2. Cet étroit collecteur offre une certaine rectitude, seulement affectée d'ondulations légères et proches de l'axe. Il présente en aval, des diffuences soulignant des adaptations du conduit aux conditions d'évolution du drainage karstique de l'aquifère. La dernière phase est celle qui résulte de la capture de cet axe drainant par la circulation basale, via des cascates sur 2 m de dénivellation. Elle est responsable, par effet d'érosion régressive, d'une entaille basale dégageant un profil transversal en trou de serrure, et, vers l'amont, du dégagement d'une partie du comblement. Plus en amont, on note une capture du drainage du deuxième puits par un petit affluent. C'est sur ce dernier axe qu'ont été retrouvés des vestiges de faune et des artefacts lithiques.

#### Fonctionnalité du niveau supérieur :

- il n'est pas prouvé que le drain du niveau supérieur était connecté avec le puits 2 lors de l'enfoncement de celui-ci : la base du puits est creusée plus profondément que le niveau d'écoulement du drainage sub-horizontale.
- le drain du niveau supérieur n'était pas encore/n'était plus fonctionnel lors de l'enfoncement du puits 2.
- c'est la capture en aval, du drain supérieur par le drain inférieur, qui est responsable, par mise en place d'un front d'érosion régressive, de la connexion/reconnexion du puits 2 avec le drain supérieur, et donc de sa vidange partielle et de l'entraînement d'une partie des pièces lithiques et des restes de faune au-delà du puits 2.

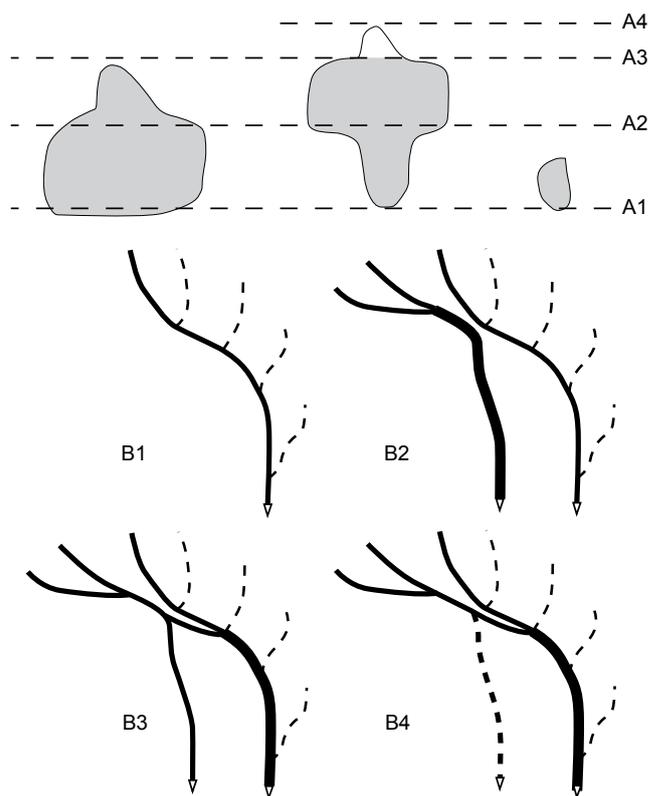


Figure 48 - Chronologie du fonctionnement du drainage basal du réseau.  
Figure 48 - Chronology of the networks' basal drainage.

#### Morphogénèse

L'ensemble karstique reconnu est réduit. De ce fait sa signification s'en trouve diminuée. Les observations accompagnant le creusement de la carrière, depuis une trentaine d'années, attestent du développement d'un important paléo-système karstique, sur plusieurs centaines de mètres, voire sur plusieurs kilomètres. Les éléments étudiés dans le cadre de cette analyse du site appartiennent sans l'ombre d'un doute à ce grand ensemble. Malheureusement, il n'a pas été réalisé d'étude karstologique suivie, accompagnant le front d'exploitation, et donc les données scientifiques, jamais relevées, sont perdues à jamais.

Ces limites posées, nous avons tenté de décrypter la portion de réseau étudiée à la faveur des investigations archéologiques. Faute de pouvoir les resituer dans un contexte morphokarstologique plus large, la portée de nos observations reste sujette à caution, en raison de la réduction de l'échantillon. Cependant, chaque élément décrit plus haut porte en lui une valeur morphologique ponctuelle. C'est ce que nous allons examiner.

L'examen de **la répartition des drains composant le niveau basal**, permet de proposer la chronologie suivante (fig. 48) :

- phase A1 : sur un niveau de base donné, s'établissent plusieurs petits conduits anastomosés.
- phase A2 : certains de ces drains se réunissent par coalescence, ce qui permet la réduction de l'indice de rugosité (frottement du fluide sur une paroi) et donc l'augmentation du débit. Cette augmentation permet un meilleur drainage et donc une tendance à l'accroissement de section du nouveau drain, une meilleure évacuation des insolubles. En contre-partie, l'agrandissement

du nouveau drain génère une réduction du débit dans les autres drains, d'où une croissance de l'indice de rugosité, une chute de la compétence au transport des insolubles, et une augmentation de la sédimentation. Ce mécanisme renforce le drainage du collecteur né par coalescence. Il en résulte la constitution de petits piliers.

phase A3 : la réduction soudaine du drainage dans un drain secondaire, peut permettre l'ouverture et/ou le recalibrage du collecteur, lui inscrivant alors un profil en trou de serrure. L'augmentation du débit se traduit par un élargissement de la section de galerie parcourue par le cours d'eau. Dans les systèmes de bas plateau, de type normand, la grande majorité des drainages souterrains offre une dynamique trop faible pour permettre l'évacuation jusqu'à l'émergence du particulaire endogène (résidu insoluble de l'altération dans le drain) ou exogène (éléments de surface entraînés dans les pertes karstiques). Il en résulte une croissance des drains per ascensum, sur le comblement concomitant, et donc une ouverture du drain à son toit. Si le débit augmente, l'emprise du drain suivra la tendance, donnant une section en trou de serrure normal. Si le débit diminue, l'emprise au toit se réduira, donnant une section en trou de serrure inversé. Plus rarement, l'abaissement du niveau de base favorise l'accélération du drainage qui entaille alors le comblement basal puis l'encaissant, donnant par évolution per descensum, un canyon souterrain (trou de serrure normal).

phase A4 : après un arrêt du drainage de l'ensemble (assèchement partiel des remplissages), une petite circulation erratique peut inscrire son passage sous la forme d'un petit chenal à la voûte. Il ne faut cependant pas confondre un chenal de voûte et un trou de serrure inversé, car si les morphologies sont proches, la genèse en est bien différente.

Pour le drainage basal, nous avons identifié la chronologie suivante (fig. 48) :

phase B1 : un conduit draine l'essentiel de l'écoulement souterrain, en recevant quelques petits affluents en rive gauche.

phase B2 : au sud de ce premier petit collecteur, s'établit un deuxième drainage synchrone, ce qui peut expliquer l'absence d'affluents de rive droite (dans la partie reconnue). L'amont du nouveau collecteur est alimenté par deux drains plus au sud. Les deux collecteurs évoluent en parallèle.

phase B3 : une connexion latérale permet une capture partielle du collecteur sud au profit du collecteur nord. La confluence du collecteur s'effectue juste avant la diffuence qui alimente le collecteur nord. L'ensemble du drainage de base semble fonctionnel, à l'exception des petits affluents du collecteur nord de la phase 1, comblés et déconnectés.

phase B4 : l'amont du collecteur nord se tarit mais celui-ci récupère tout le drainage du collecteur sud, dont la capture totale engendre la fossilisation du cours aval. Le nouveau schéma de drainage recoupe obliquement les axes primitifs dont la majeure partie est désormais comblée et déconnectée.

La connexion du puits 1 intervient durant cette quatrième phase. Il est possible qu'elle soit engendrée par une phase d'ennoiement du réseau attestée par des ébauches de cheminée d'équilibre à la voûte du collecteur. Cette phase aurait contribué au calibrage de la jonction entre le puits (karst d'introduction) et le collecteur (karst de restitution). Le puits 2 reste exclu de ce processus.

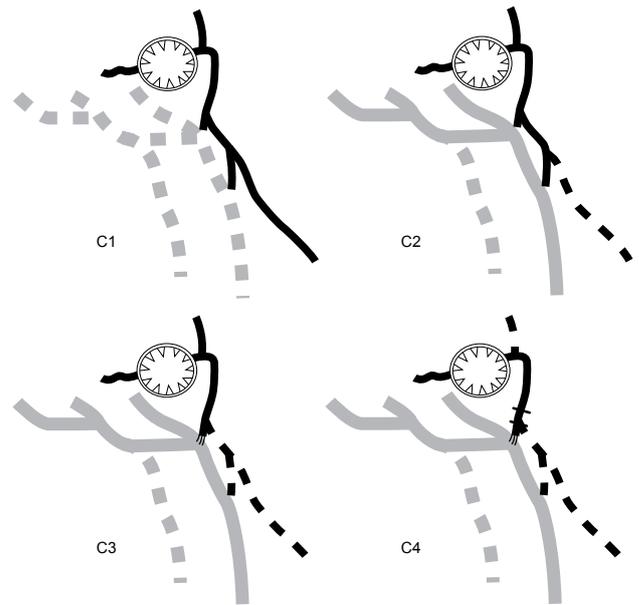


Figure 49 - Chronologie du fonctionnement du drainage du puits 2.  
Figure 49 - Chronology of the drainage of shaft 2.

Pour le drainage du puits 2, nous avons identifié la chronologie suivante (fig. 49) :

phase C1 : le drainage basal est inactif ou/et comblé. Un petit drain latéral mais perché (2 m) issu du massif, s'écoule du sud-ouest vers le nord-est. Sur son parcours, il reçoit un affluent qui passe par la base du puits, puis s'écoule vers l'aval, en maintenant son écartement du réseau basal. C'est le drain supérieur.

phase C2 : le drainage basal redevient actif et capture le drain suspendu, une dizaine de mètres en aval du puits 2. Notons qu'alors les deux axes sont plutôt parallèles. De ce fait cette phase ne peut intervenir qu'après la phase 4 du drainage basal, soit après l'évacuation du puits.

phase C3 : le point de déversement remonte à 5 m du puits 2, suite au recoupement du drain supérieur par le drain basal. Dans le drain supérieur, par érosion régressive, la cascade de capture remonte, entraînant le dégagement du sédiment basal. En aval de la capture, le drain supérieur se fossilise.

phase C4 : la vague d'érosion touche la base du puits 2. La fonctionnalité du puits est évidente et contribue au surcreusement basal du drain supérieur, donnant un petit canyon inscrit dans l'encaissant calcaire (trou de serrure). L'amont de la confluence, déconnecté, se fossilise (suspension au dessus du conduit issu du puits 2) et deux ressauts entre la capture et le débouché sur le drain basal se creusent.

Il n'y a pas de corrélation établie entre les phases du drain basal (B) et celles du drainage du puits 2 (C). Cependant, il apparaît que les phases C3 et C4 du puits 2 sont contemporaines ou postérieures à B4 du drainage basal. Il serait déraisonnable de poursuivre l'analyse de la genèse du karst et de son évolution en l'absence de données portant sur une portion de réseau plus développée, donc plus démonstrative.

Les restes faunistiques retrouvés dans l'endokarst prouvent qu'il était fonctionnel il y a 230.000 ans. En l'état actuel des recherches sur le karst autour de la basse vallée de l'Orne, nous ne

disposons d'aucun élément permettant de caler la karstification dans le cadre quaternaire de la région. Un âge Pléistocène moyen semble acquis, mais il n'est pas possible d'être plus précis.

### **Fonctionnement**

La question "quand et comment s'est mis en place le système karstique de Ranville", reste sans réponse, en raison de l'aspect trop parcellaire de l'échantillon étudié. Il est cependant acquis qu'une partie du réseau est fonctionnelle au Saalien, lors de la présence des Préhistoriques sur le site. Le réseau semble déjà bien évolué et donc il est raisonnable d'envisager un âge Pléistocène moyen, peut-être Elstérien, si on prolonge le parallèle avec le système de Caumont. Si on se fonde sur l'étude de Joël Pellerin (1977), deux grandes phases de karstification seraient à distinguer autour de la basse vallée de l'Orne. Entre 42 m NGF et 60 m NGF, se développerait un karst à pitons pré-Pliocène, comblé par une argile d'altération jaune-rougâtre. Les systèmes développés à des altitudes inférieures seraient plus récents.

### **Un karst ancien fossile, un karst ancien actif ou un karst récent ?**

Les éléments observés à Ranville appartiennent à des systèmes pléistocènes. Les éléments observés en Haute Normandie crayeuse montrent clairement une karstification pléistocène complexe et polyphasée, qui a enregistré plus spécifiquement l'intrusion du domaine littoral durant le Pléistocène moyen (Rodet 2004). En particulier, la réponse au rapprochement du littoral est le creusement de vallées qui entaillent les plateaux (Rodet & Lautridou 2003). Ces incisions peuvent induire, notamment, une inversion du sens d'écoulement dans les collecteurs souterrains de plateaux disséqués par une nouvelle topographie (Rodet 1992). Malheureusement la trop petite extension du site étudié à Ranville ne permet pas de savoir si ce karst est :

- ancien (Pléistocène ancien et moyen) sans incidence littorale (parce que déjà fossilisé dès le Pléistocène moyen) : l'activité avérée durant le Saalien peut n'être qu'un simple et temporaire réajustement d'un système ancien fossile.
- ancien (Pléistocène) avec incidence littorale (réajustements aux nouveaux niveaux de base) : l'activité enregistrée peut illustrer une phase précise de l'évolution d'un drainage karstique actif durant le Quaternaire ancien et moyen.
- relativement récent (Pléistocène moyen), établi en accord avec un/plusieurs niveau(x) de base qui ont accompagné l'évolution de la vallée de l'Orne et de ses affluents, depuis le Pléistocène moyen. Il s'agirait alors d'un système karstique récent (certains systèmes peuvent être très anciens, voire cénozoïques), établi en accord avec une topographie régionale spécifique qui reste à définir.

### **Un karst adapté à son contexte géomorphologique ?**

La question importante est de savoir comment fonctionnait le karst, il y a 230.000 ans, lors de l'implantation de l'aire de travaux de boucherie préhistorique, située en surface du plateau. Rappelons, à titre de comparaison, que dans la Basse Seine voisine, la datation Ur/Th de 235.000 ans (CERAK, Mons) d'un plancher calcitique de Caumont (Eure) souligne une phase fossile du réseau karstique, alors comblé (Rodet 1992). À Ranville,

la faune identifiée illustre une période plutôt chaude (tempérée), donc de haut niveau marin. La vallée de l'Orne devait être creusée jusqu'à +5-6 m NGF (à l'Holsteinien d'après Pellerin 1977), soit à une altitude proche de la vallée actuelle (abstraction faite de la partie weichsélienne remblayée), et la vallée de l'Aiguillon vraisemblablement déjà partiellement creusée, puisqu'il semble qu'elle constituait l'exutoire du karst de la carrière. Le paysage compris entre ces deux vallées était peu différent de l'actuel : un bas plateau proche de l'altitude actuelle, sans relief notable, et surtout limité en extension par les deux vallées, et donc en bassin d'alimentation.

Dans ces conditions topographiques, il est difficile d'imaginer un drainage karstique très établi, soutenu dans son débit par un bassin étendu, avec des pertes pérennes. Vraisemblablement, la dynamique hydrokarstique devait dépendre des précipitations, de type saisonnier comportant une saison plus humide et une plus sèche, avec des pluies d'orage concentrées et fortes. On peut envisager alors une activité crypto-karstique importante avec des fronts d'altération efficaces, mais aussi beaucoup de résidus d'altération encombrant les formes. En surface, on peut imaginer des dolines de subsidence, concentrant les eaux d'orage mais aussi les formations meubles (lœss, sols, etc.) qui obstruent et encombrant le crypto-karst. Les résidus liés à l'activité de boucherie ont du être abandonnés sur place et rapidement enfouis par une trépanation du réseau en au moins deux endroits, précipitant les niveaux de surface ou de sub-surface (léger recouvrement des vestiges ?) dans le réseau karstique. L'hypothèse d'une décharge anthropique volontaire dans deux dépressions voisines ne semble pas devoir être retenue, dans la mesure où il n'y a pas dans le réseau de reste de micro-mammifères, dont des chauves souris, des ossements de batraciens... malgré un tamisage systématique des déblais (environ 30 tonnes pour l'ensemble du réseau) et un tamisage très fin de quelques centaines de kilogrammes. Par ailleurs, l'archéozoologue a recherché des traces de rognage ou de morsure, dus aux grands prédateurs, sur les ossements et à l'activité de rongeurs sur les bois de cervidés notamment. Il n'y a que de rares traces non anthropiques, ce qui témoigne donc d'un enfouissement rapide avec un aven non accessible.

Il semble que les deux avens n'étaient pas ouverts lors de l'occupation paléolithique, mais que l'enfouissement par gravité, induit par la trépanation du karst, a été relativement proche de la date d'abandon du site. Par ailleurs, l'accès au réseau devait être obstrué, ne permettant pas l'accès aux "cavernicoles" : petits mammifères, petits et grands carnivores (loup, renard, lion, hyène...).

### **Un fonctionnement épisodique ?**

L'endokarst peut être fonctionnel, mais plutôt épisodiquement, et plus particulièrement lors des orages ou de grandes périodes pluvieuses (saison humide ?). L'absence de bassin d'alimentation important n'autorise pas le développement d'un réseau souterrain très hiérarchisé et pérenne. Il faut plutôt envisager un système de drains-collecteurs multiples, fortement encombrés et à lasses d'eau en période d'étiage, et noyés pendant les périodes de pluie. La relation entre le réseau inférieur et le réseau supérieur, très encombré car en relation avec les dolines, ne se

réalise qu'au travers de petits conduits qui peuvent facilement s'obstruer lors des introductions importantes depuis la surface, entraînant en amont le stockage de l'eau et des sédiments divers. Il faut alors des phénomènes d'affouillement et soutirage ou bien un "effet-piston" (crue subite et ponctuelle) pour dégager les bouchons terrigènes et permettre la relation avec le réseau de base. Rien dans les morphologies observées ne permet d'envisager un drainage soutenu et régulier du réseau karstique.

L'activité crypto-karstique, concentrée sous les dolines (qui peuvent être comblées à une période ou à une autre), permet, par progression du front d'altération, la trépanation des drains karstiques. L'irruption soudaine, lorsque la paroi cède, modifie le drain selon deux cas de figure. Si le drain est comblé, l'eau s'immisce dans le remplissage et ponctuellement le déstabilise, alors qu'en amont l'effet de stockage est amplifié. Des morphologies de stockage, type "cheminée d'équilibre" peuvent alors se développer. Si le drain est partiellement vide, une vague détrito-aqueuse parcourt le conduit, en s'atténuant lentement. Une grande partie des sédiments introduits se dépose dans le conduit et l'encombre, surtout en fin de crue, réalisant un certain tri granulométrique. Ces accidents d'introduction peuvent se répercuter en surface, aussitôt ou en différé. Ils favorisent l'introduction sous terre des vestiges de surface. Ces mécanismes peuvent se répéter lors de fortes précipitations.

### *Le piège karstique*

Un karst sous couverture fonctionne toujours en piège des formations de couverture, les formes d'introduction entraînant dans leur développement vertical les éléments meubles qui les recouvrent. Ce mécanisme de piégeage est aussi la démonstration de l'activité crypto karstique. Il explique la complexité de la disposition et la variété des éléments du comblement de la forme.

### **Un milieu sédimentaire complexe**

On y trouve, généralement à la périphérie de la forme verticale, des argiles noires à chocolat, très prismatiques : cet aspect souligne la succession de phases d'humectation des argiles qui les fait gonfler et d'assèchement qui les rétracte, les découpant en polyèdres plus facilement mobilisables. Ces argiles sont pour l'essentiel le résidu de l'altération de l'encaissant calcaire. Lorsqu'elles sont humectées, elles autorisent des glissements verticaux qui accompagnent avec plus ou moins de retard l'enfoncement de la forme d'introduction. Au cœur du comblement, on retrouve classiquement les formations superficielles piégées, notamment les sables tertiaires, les galets des paléo-terrasses et les lœss quaternaires. Il arrive parfois que les lœss s'infiltrent en périphérie, dans les fissures de rétraction des argiles de contact, et atteignent rapidement les profondeurs de la forme, voire les drains du karst de restitution.

Dans le drain de restitution, ces éléments introduits se mélangent finement ou en paquets avec la sédimentation fluviale, selon la dynamique qui affecte le drain, généralement en une infinie variété de comportements : érosion, dépôt grossier, paquet de lœss, corrosion de paroi contre remplissage, laisse de sable plus ou moins grossier, granoclassement dans une courbe,

dynamique perturbée autour d'un bloc tombé, passage d'un rapide, zone de décantation, etc. Il est important de saisir que toutes ces dynamiques cohabitent au même moment dans le même conduit, parfois en quelques mètres de parcours, parfois latéralement. En saisir la signification à l'échelle du drain ou de la cavité est une entreprise extrêmement complexe.

### **Intérêt des éléments exogènes**

Des éléments de datation ainsi piégés peuvent permettre de caler une chronologie dans un cadre temporel bien fixé. Dans le cas de Ranville, les éléments de datation consistent en dents de grands herbivores : aurochs et cheval (*cf. infra*). Leur enfouissement est daté de 230.000 ans. Ceci signifie qu'ils sont plus anciens, et que le karst d'introduction était fonctionnel après l'occupation anthropique du plateau.

Il y a 22 individus dispersés au sein du réseau étudié (aurochs, cheval, petit équidé, cerf, éléphant, rhinocéros...). L'étude paléontologique du proboscidiien (*cf. supra*) a révélé qu'il s'agissait des ossements d'un seul et même animal, dont les éléments du squelette ont été distribués dans les deux gouffres voisins. Comment expliquer leur présence dans deux éléments verticaux distants d'à peine cinq mètres ? Deux hypothèses étaient envisageables :

- La première : le corps, au préalable coupé en deux, a été jeté par les groupes préhistoriques dans deux dolines voisines voire jointives, fonctionnelles, qui peu à peu ont englouti le corps.
- La deuxième : les vestiges de faune et le mobilier lithique ont été abandonnés au sol et les dolines ne se sont creusées qu'après.

La première hypothèse ne semble pas recevable, en raison des éléments examinés plus haut. L'étude des restes de l'éléphant s'avère suffisamment démonstrative. Les ossements du tronc et de la tête se trouvent distribués dans les deux puits. Cependant le temps écoulé a été suffisamment long pour permettre ce type de mise en place par gravité, les vertèbres de proboscidiens étant très difficiles à dissocier quand la carcasse est encore fraîche.

L'évolution différenciée des deux formes d'aven explique le regroupement et le bon état de conservation des ossements dans le premier puits, et la dispersion et l'altération des vestiges fauniques de ce même squelette dans le second puits. Les observations taphonomiques effectuées sur le mobilier osseux et lithique montrent le fonctionnement asymétrique des formes d'introduction. La concentration, quasi en connexion, des ossements de l'éléphant dans le premier puits, signifie que l'aven fonctionnait en piège : soit il était ouvert sur 9 m verticaux (mais son ouverture est bien postérieure à l'abandon de la carcasse car des éléments glissent dans les deux avens), soit son comblement progressait lentement, permettant de garder en un ensemble les ossements. Il a cessé de fonctionner alors que les ossements atteignaient 9 m sous la surface, des ossements d'éléphant se retrouvent quasiment jusqu'à la base. Dans le second aven, nous observons le même fonctionnement, ce que révèle le paquet d'ossements retrouvé sur la paroi sud-est du puits, vers la même profondeur. Cette similitude de profondeur peut signifier que l'aquifère était drainé vers 9 m de profondeur et que le drainage basal n'était donc pas fonctionnel alors.

C'est après cette première phase de fonctionnement synchrone, que l'évolution des deux gouffres est différente. Le premier aven se fossilise et aucun drainage ne vient en perturber la déconnexion. Par contre, le second aven connaît une nouvelle phase de drainage avec sa connexion, par érosion régressive, avec le drain suspendu à 9 m de profondeur, qui entraîne une partie du comblement et des vestiges archéologiques vers l'aval du réseau souterrain. Ceci explique à la fois, la dispersion et l'état altéré des ossements le long du petit collecteur, tout comme le comblement hétérogène du puits lui-même.

## Conclusion

La partie étudiée du système karstique de Ranville montre un réseau hiérarchisé mais encore faiblement évolué, avec un petit collecteur encore indépendant, suspendu deux mètres au-dessus du

collecteur basal. Ce dernier est encore largement encadré par ses drains annexes, délimités par des piliers résiduels, ce qui montre bien que la fonction de collecteur est affirmée mais peu évoluée. Par exemple, dans la grotte des Petites Dales (Seine Maritime), la fonction du collecteur est fortement affirmée par une déconnexion claire d'avec le réseau initial (Rodet *et al.* 2006). Un réseau très évolué aurait introduit largement le drain supérieur dans le collecteur basal. Cette image de réseau faiblement évolué correspond aussi à ce que nous avons observé en juillet 1982 dans le réseau détruit depuis (Delabroise & Flageollet 1984). En cela, il peut s'agir d'un ancien système fossilisé, dont certaines parties peuvent être réactivées par des trépanations depuis la surface ou par la remontée d'un niveau de base aquifère. Il peut s'agir aussi d'éléments annexes à un grand système, éloignés du collecteur principal et donc à évolution plus lente. La question restera posée, faute de pouvoir étudier l'ensemble du réseau souterrain.