Zeitschrift: Mémoires de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Herausgeber: Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Band: 15 (1970-1974)
Heft: 2

Artikel: Découverte du Jura calcaire
Autor: Aubert, Daniel / Guignard, Jean-Paul
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-258956

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 13.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Découverte du Jura calcaire

PAR

DANIEL AUBERT et JEAN-PAUL GUIGNARD

1. Introduction

Partout où sa roche n'est pas dissimulée sous la moraine glaciaire ou les alluvions, le Jura révèle à chaque pas, les traces plus ou moins évidentes de la lente destruction des calcaires par le travail des eaux.

La structure burinée des lapiaz, l'orifice béant d'une « baume », la mystérieuse disparition d'un ruisseau dans un emposieux, telles sont quelques-unes des conséquences de ce phénomène particulier d'altération auquel les géologues ont donné le nom si mal sonnant « d'érosion karstique ».

Infime dans son action instantanée mais grandiose dans ses effets, cette érosion se poursuit inlassablement depuis les premières manifestations du soulèvement jurassien. Ainsi, l'apparence des faits laisse supposer que depuis une dizaine de millions d'années, des bancs de calcaire d'une épaisseur considérable ont été dissous, puis entraînés à travers les innombrables fissures et anfractuosités du sous-sol.

Lente mais incisive, l'érosion karstique est cependant loin d'être uniforme. Activée par certains facteurs, freinée par d'autres, elle a sculpté le relief de nos montagnes et quelquefois celui de nos vallées, dans ce style tantôt calme tantôt tourmenté, donnant aux pays calcaires cette touche pittoresque et captivante pour ceux qui savent en découvrir la beauté sauvage et énigmatique.

2. Le relief du Jura [1]

En parcourant le Jura, de préférence à pied et en ouvrant les yeux, on est frappé par la régularité et la continuité de son relief ; des chaînons et des vallons parallèles, eux-mêmes subdivisés en croupes et en combes de même orientation, se succèdent et s'allongent sur de grandes distances, interrompus ici ou là par des cols ou des cluses.

Dans ses grands traits, cette topographie paraît très émoussée ; d'un point culminant on ne distingue guère que des surfaces aplanies, fuyantes, se confon-

[1] Les paragraphes suivants résument un travail plus complet paru récemment (AUBERT, 1969).

dant avec l'horizon. Dans le détail au contraire, le relief se révèle étonnamment accidenté, défoncé par des dépressions irrégulières, sillonné de crevasses et de fissures, hérissé d'arêtes et de mamelons, ou encore jonché de blocailles. Ces caractères à la fois séniles et juvéniles, ordonnés et chaotiques, s'expliquent par les facteurs habituels du modelé : le climat, la nature des roches et la tectonique, c'est-à-dire les plissements et les cassures subies par la roche.

Ce sont précisément ces déformations qui sont à l'origine de la succession et du parallélisme des chaînons et des vallons. Le Jura est une chaîne plissée, en ce sens que les bancs rocheux qui la constituent se sont ployés en ondulations parallèles. Il existe ainsi des plis saillants ou *anticlinaux* qui correspondent aux croupes, et des plis en creux ou *synclinaux* qui coïncident avec les vallées. Le Mont-Tendre, la Dôle, le Chasseron, par exemple, ont une structure anticlinale plus ou moins complexe, tandis que les vallons de l'Auberson et de Vaulion et la vallée de Joux épousent des formes synclinales.

Ces plis disposés les uns à côté des autres, ont une continuité remarquable. Toutefois, de distance en distance leur belle ordonnance est troublée par des cassures transversales ou *décrochements*, qui bousculent les plis et du même coup bouleversent le relief. Ainsi la vallée de Joux et les anticlinaux qui l'encadrent, sont interrompus à l'ouest par le décrochement de Saint-Cergue — La Cure — Morez, et à l'est par celui de Montricher — Vallorbe — Pontarlier, auquel la Dent de Vaulion doit sa position transversale. Les cuvettes de Vaulion et de l'Auberson sont également fermées à l'est par des cassures.

Les traits secondaires du relief s'expliquent par l'influence du climat et de la nature des roches. Le climat jurassien est conforme à sa réputation, froid et humide. Dans les hautes vallées, la moyenne thermique n'excède guère 5° et les froids extrêmes, inférieurs à −25°, n'y sont pas exceptionnels. Quant aux précipitations, elles atteignent en moyenne 1500 mm par an, davantage encore sur les hauteurs, dont un tiers sous forme de neige.

Les vallons synclinaux renferment des calcaires jaunâtres et des marnes du *Crétacé inférieur*, dissimulés en partie sous la moraine. Les anticlinaux sont formés d'une carapace de calcaires du *Jurassique supérieur*, reconnaissables à leur teinte claire, blanche ou grisâtre. Au-dessous se trouvent les marno-calcaires plus friables de l'*Argovien*.

3. L'érosion karstique

Le calcaire occupe donc une place prépondérante. Or cette roche possède certaines propriétés originales qui lui valent un relief particulier. Elle est fissurée au point que l'infiltration de l'eau de pluie est presque immédiate. C'est ce qui explique l'aridité du sol et l'absence de ruisseaux et de sources en dépit de l'importance des précipitations.

Le calcaire est soluble dans l'eau chargée de CO_2 avec une concentration moyenne de 200 mg par litre. L'eau de pluie se charge de CO_2 d'abord au contact de l'air qui en contient peu, puis en traversant le sol qui en renferme

davantage. Elle est donc agressive quand elle rencontre le calcaire sous-jacent, c'est-à-dire capable de l'attaquer chimiquement. Ce phénomène de *dissolution* ou *corrosion* se produit tout au long de son trajet, d'abord à la surface de la roche, puis dans les fissures qui tendent donc à s'élargir, et enfin dans les cavités souterraines.

Sur un massif calcaire, l'eau de pluie agit donc comme une sorte d'application chimique ; elle lui imprime un relief de corrosion, rugueux, tout en creux et en bosses, bien différent de celui de la plaine molassique façonné par des rivières et des ruisseaux. Cette originalité lui a valu un nom spécial, le *relief karstique* ou simplement *karst*, tiré de l'ancien nom de la province située au nord-est de Trieste où ces phénomènes ont été le mieux étudiés.

Dans le Jura, ce relief est particulièrement typique à l'ouest de Vallorbe, surtout dans les chaînes du Mont-Tendre et du Risoux, ainsi que dans la région française adjacente. L'existence de ce karst authentique s'explique par l'action de déblayement exercée dans ce « Jura rocheux » par une importante calotte glaciaire. Plus à l'est au contraire, où les glaciers locaux n'ont pas eu la même puissance, les calcaires sont empâtés par un sol épais qui en dissimule la forme. C'est le « Jura pelouse » (AUBERT, 1965). On comprend donc que notre étude se cantonne presque exclusivement dans le Jura rocheux.

4. Les facteurs de l'érosion karstique

Les précipitations étant réparties à peu près également sur le territoire, la corrosion devrait avoir partout la même intensité et, par conséquent, la surface qu'elle façonne devrait être elle aussi uniforme. Or, comme nous l'avons dit, c'est le contraire, elle a un caractère extrêmement tourmenté dans le détail. Il existe donc des *facteurs de différenciation*, sous l'influence desquels la dissolution peut être favorisée ou contrecarrée ; dans le premier cas elle engendre des creux, dans le second des bosses.

4.1 *L'influence des diaclases*. Les couches calcaires sont traversées par des cassures obliques ou perpendiculaires, fermées ou béantes, facilement observables dans une carrière ou tout autre coupure de la roche. Ces fissures ou diaclases facilitent de plusieurs manières la dissolution. Elles augmentent la surface de contact de l'eau et du calcaire ; elles facilitent le lessivage, c'est-à-dire l'écoulement des solutions de calcaire, faute de quoi le phénomène chimique s'interromprait par saturation. Enfin elles permettent l'évacuation en profondeur des résidus argileux de la dissolution et évitent ainsi l'encrassement. Ces argiles se retrouvent souvent dans les galeries souterraines sous forme d'accumulations boueuses et collantes.

Les zones les plus fissurées sont donc les plus vulnérables ; soumises à une corrosion particulièrement active, elles se dépriment par rapport aux régions voisines. C'est bien ce que montre l'observation ; les accidents en creux de toutes dimensions, dolines, crevasses, couloirs, bassins, etc., correspondent à une plus grande densité, ou à une meilleure qualité, des diaclases. La chaîne du

Mont-Tendre en offre un exemple visible de loin. Son faîte est découpé en une série de bosses qui se succèdent du Mollendruz au Marchairuz. Or les dépressions qui les individualisent coïncident justement avec des zones transversales riches en fissures, que l'on peut considérer comme la cause de ces ensellements.

4.2 *L'influence du sol.* Actuellement, même dans le Jura rocheux, une couche de sol plus ou moins épaisse recouvre la plus grande partie de la surface calcaire. Autrefois elle s'étendait presque partout, avant les déboisements qui ont provoqué son érosion partielle et la mise à nu de la roche. Contrairement à celui des hautes Alpes, le karst jurassien a donc été modelé sous la protection d'un sol, dont on peut se demander quelle influence il a exercée sur la dissolution.

Le sol active ce phénomène en produisant un supplément de CO_2 provenant des organismes qu'il renferme, racines, champignons microscopiques, bactéries, etc. C'est ce que montre l'observation suivante : sur une dalle de calcaire, au cours de la même averse, l'eau ruisselant sur la roche nue ne renferme en moyenne que 79 mg/l de calcaire dissous, tandis que celle qui suinte d'une plaque d'humus en contient 127 mg. La présence d'un tel sol accélère donc le processus de l'érosion karstique.

Mais en vieillissant le sol se modifie ; il s'épaissit ; son squelette, c'est-à-dire son stock de cailloux, disparaît ; sa matière même se décalcifie et se transforme en une pâte jaune, acide et compacte, dont la présence est signalée en suface par une végétation acidophile, comprenant une plante bien connue, le *Nardus* ou poil-de-chien. En même temps, sa perméabilité diminue, au point qu'une partie de l'eau de pluie, incapable de s'infiltrer, retourne à l'atmosphère par évaporation ou s'écoule latéralement. Dans cet état, le sol tend donc à réduire la dissolution du calcaire sous-jacent. Il est devenu protecteur.

Les sols constituent donc un *élément d'autorégulation* de l'érosion karstique. Au début, ils la favorisent ; puis, dans la mesure où celle-ci a été active et leur propre évolution rapide, ils la freinent et finissent par l'interrompre. C'est ce qui se passe notamment dans les dépressions de dissolution comme les dolines. Le sol qui en occupe le fond accélère tout d'abord leur creusement, puis, en vieillissant, s'oppose à un approfondissement excessif.

Dans un territoire déterminé, les crevasses et les cuvettes qui se forment à partir des fissures, puis se développent et s'approfondissent, sont à l'origine de cette espèce de guillochage qui caractérise le détail du relief karstique. A une autre échelle, ces innombrables piqûres, indéfiniment renouvelées mais limitées en profondeur, finissent par façonner une surface à peu près uniforme dans l'ensemble. Ainsi s'explique le contraste relevé plus haut entre la mollesse des formes calcaires et leur rugosité, selon qu'on les considère de loin ou qu'on les parcourt à pied.

5. Les formes karstiques

Le relief est comparable à une gravure sur pierre. Sa technique vient d'être exposée. Il nous reste maintenant à prendre connaissance de l'œuvre elle-même,

ce qui revient à étudier les formes ciselées par la dissolution. Toutes découlent des mêmes lois, mais aucune n'est identique à l'autre, et c'est le côté plaisant de la morphologie que de découvrir dans l'infinie diversité du relief, l'application de quelques lois très simples et l'intervention des mêmes facteurs.

5.1 *Le relief en escalier.* Dans les régions peu fissurées, où l'inclinaison des couches est peu prononcée, les têtes de bancs rocheuses dessinent de petites crêtes asymétriques séparées par d'étroites combes gazonnées. Les unes et les autres s'allongent parallèlement avec une grande régularité, comme une sorte de large houle pétrifiée (fig. 1).

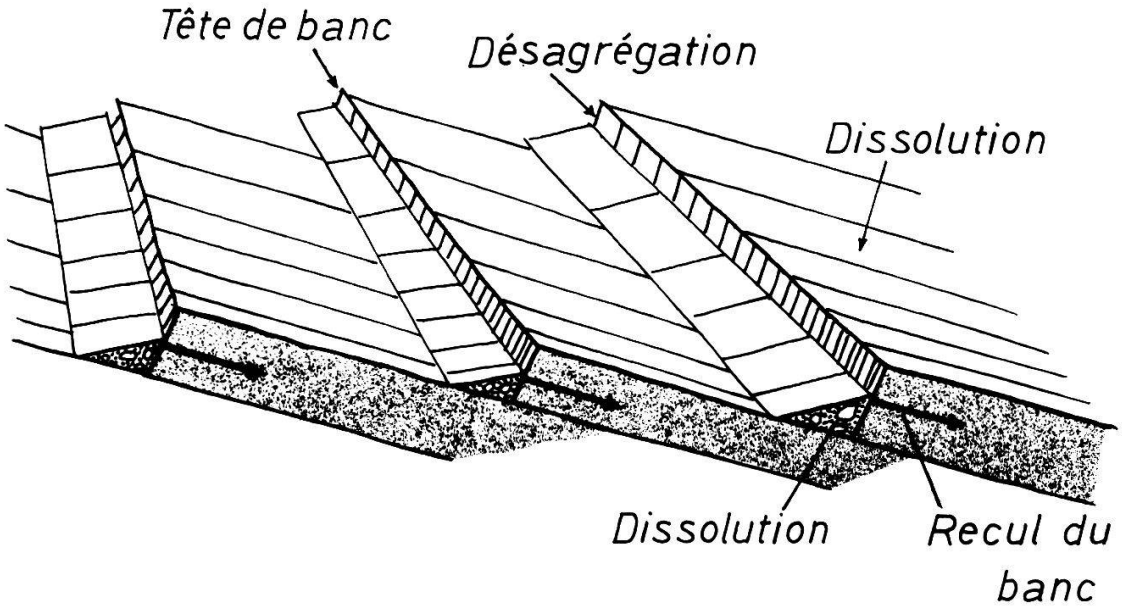


Fig. 1. — Schéma du relief en escalier

C'est encore un effet des diaclases. L'érosion qui agit sur le dos de chaque banc pour l'amincir, et qui se marque par des sillons de lapiaz, est relativement peu efficace. Celle qui intervient sur la tranche du même banc l'est beaucoup plus car elle se produit en deux temps ; tout d'abord le calcaire se désagrège sous l'effet du gel et des autres agents d'altération, d'autant plus activement que les fissures sont plus nombreuses ; puis la dissolution s'exerce sur les fragments préalablement détachés et mélangés à de la terre.

Usées à leur face supérieure, taillées à leur tranche, les têtes de bancs ne s'émoussent pas, elles reculent tout en restant semblables à elles-mêmes. Notre image prend ici toute sa valeur ; un film accéléré des milliers de fois montrerait le mouvement de cette houle entraînant ces crêtes rocheuses les unes à la suite des autres.

5.2 *Les dédales karstiques.* Quand la fissuration est très prononcée, le relief prend souvent un aspect chaotique, extraordinairement pittoresque. Favorisées par la présence de nombreuses diaclases, des cuvettes ou dolines défoncent la surface du calcaire et communiquent entre elles par des sillons ou

des crevasses. Dans les intervalles s'élèvent des mamelons irréguliers, striés de sillons de dissolution. Ce relief typiquement karstique se rencontre surtout au voisinage des failles et le long des charnières anticlinales, où le broyage de la roche a été le plus intense. La seconde excursion nous en montrera de beaux exemples.

5.3 *Les lapiaz ou lapiez* (du latin *lapis*, pierre). Chacun connaît ces dalles découpées par des rainures étroites ou spacieuses, droites ou sinueuses. Certains de ces sillons sont de simples *rigoles*, n'excédant pas quelques décimètres de profondeur. Leur orientation suivant la ligne de pente, indique qu'elles ont été creusées par des filets d'eau coulant à la surface de la roche. Les lapiaz dignes de ce nom possèdent encore des *crevasses* ou *leisines*, qui découpent verticalement les bancs calcaires jusqu'à une profondeur qui peut atteindre 2 à 3 m. Leur origine est évidente ; ce sont des diaclases élargies par l'action dissolvante des eaux d'infiltration (photo 1).

Beaucoup de lapiaz sont encore recouverts de sol, comme on peut le constater en soulevant la couche d'humus qui les dissimule. Ils ne diffèrent pas morphologiquement de ceux qui sont dénudés, car tous ont été façonnés dans les mêmes conditions, sous une couche de terre, d'où leurs formes émoussées, bien différentes des arêtes tranchantes de leurs homologues alpins.

Les lapiaz ne durent pas éternellement. A la longue, les crevasses découpent les bancs en blocs qui se disjoignent, tendent à se déchausser, finissent par basculer les uns par rapport aux autres, pour aboutir à un champ de blocailles.

5.4 *Les dolines* (du slave *dole*, creux, bas-fond). Appelées aussi *entonnoirs* ou *emposieux* [1], ces dépressions constituent le trait le plus typique et le plus surprenant du relief karstique. Quoi de plus frappant en effet que ces cuvettes parfois très régulières qui trouent la surface calcaire comme de petits cratères ? Leurs formes et leurs dimensions varient à l'infini suivant les conditions locales ; les entonnoirs classiques peuvent faire place à des creux irréguliers ; leurs versants, à des ressauts rocheux ; le fond lui-même est fréquemment occupé par un bouchon de terre, perforé parfois par de petites dolines secondaires (photo 2).

Dans le Jura, leurs dimensions restent modestes — quelques dizaines de mètres de diamètre, quelques mètres de profondeur — comparées à celles des Causses ou de Dalmatie. L'une des plus vastes se trouve près de la Tête à l'Ours, 1 km à l'est de la route de Mauborget à Couvet (point 1269, feuille Grandson, coord. 539,90/192,85).

Une doline est évidemment un point de dissolution maximum, mais quelles sont les conditions qui l'ont déterminée ? La désobstruction de l'une de ces cuvettes a permis de le préciser (AUBERT, 1966). Sous les matériaux meubles

[1] Ces deux termes désignent aussi les creux où disparaissent les eaux d'un lac, d'une tourbière ou d'un ruisseau (paragraphe suivant).

qui en encombraient le fond, s'ouvrait un petit gouffre. Toutes doivent posséder un orifice dans leur partie profonde, ou des fissures suffisamment larges pour permettre à la dissolution d'opérer verticalement, en profondeur, et pour faciliter l'évacuation des résidus insolubles. C'est ce qui conditionne l'approfondissement de la doline. Pour qu'elle s'élargisse, il faut que ses versants se désagrègent sous l'influence du gel et autres facteurs d'altération, sinon la dépression reste étroite et évolue vers un gouffre ou une crevasse. C'est du reste pour cette raison que les dolines les mieux « tournées » sont celles des marno-calcaires friables de l'Argovien (excursion 2).

Leur évolution est fréquemment perturbée ; des bouchons terreux peuvent obstruer les conduites profondes et retenir les résidus d'altération qui s'accumulent au fond de la cuvette dont l'approfondissement est alors bloqué par ce colmatage. Quand les canaux souterrains se débouchent, l'évacuation reprend et le fond plat de la grande doline se creuse d'un entonnoir secondaire.

Les dolines ne sont pas seulement des curiosités naturelles. Elles constituent un phénomène, le plus important de l'érosion karstique, car ce sont elles qui crèvent les bancs calcaires à leurs points les plus faibles, autrement dit les plus fissurés, puis, en s'élargissant, les démolissent peu à peu.

5.5 *Les emposieux*. Ce terme, d'étymologie très jurassienne, s'applique à une variété d'entonnoir s'ouvrant en aval d'une zone d'écoulement libre ou aux confins d'une nappe d'eau retenue par un colmatage d'origine glaciaire ou alluvionnaire.

C'est par une activité d'absorption plus intense et plus constante aussi, que les emposieux ou « entonnoirs » se distinguent avant tout des dolines. D'autre part, les eaux qu'ils collectent, agissent autant par abrasion que par corrosion. En général, l'évolution d'un emposieu est très lente et peu visible en surface. Elle se poursuit en profondeur par l'agrandissement d'étroites fissures qui aboutissent à un réseau hydrologique collecteur.

De nombreux emposieux s'ouvrent en bordure des nappes alluvionnaires des synclinaux jurassiens. Les plus connus et les plus spectaculaires sont ceux qui servaient autrefois d'émissaires naturels aux lacs de Joux et Brenet (excursion 4).

5.6 *Les bassins fermés*. On appelle ainsi, par opposition aux vallées ouvertes et drainées par des rivières, des dépressions limitées de tous les côtés par des contre-pentes qui s'opposent à l'écoulement superficiel des eaux. Les plus vastes sont des synclinaux relevés à chaque bout, comme la vallée de Joux barrée à l'aval par la Dent de Vaulion.

A part ces bassins d'origine tectonique, le Jura possède de grandes cuvettes typiquement karstiques, dues uniquement à la dissolution. On en verra de beaux exemples au Mont-Tendre au cours de la 3e excursion. Ces dépressions irrégulières et pittoresques, riches en gouffres, dolines et lapiaz, rompent l'uniformité des chaînons calcaires. Leur accès difficile, leur aspect un peu insolite, leur valent parfois le nom significatif de creux d'enfer.

Leur origine est la même que celle des dolines. Dans les régions excessivement fissurées, les dolines se multiplient, se renouvellent et se relayent sans cesse ; elles finissent par se recouper latéralement pour former une dépression commune très accidentée. Ce type de bassin appelé aussi *ouvala*, se ramène en définitive à une famille de dolines.

5.7 *Les combes anticlinales*. Certaines chaînes sont caractérisées par un relief intégralement karstique. Ainsi au Mont-Tendre et dans la partie vaudoise du Risoux, on peut circuler pendant des heures sur des surfaces lapiazées ou perforées de dolines. D'autres ont un relief plus évolué ; la zone faîtière est creusée d'une dépression allongée, sorte d'échancrure gazonnée et humide, qui contraste d'une manière frappante avec les escarpements qui la bordent et les étendues karstiques et séchardes qui l'entourent.

Les plus typiques de ces combes anticlinales sont celle des Begnines (photo 3) et le creux du Croue (photos 5 et 6), qui ont toutes deux la particularité d'être fermées, en ce sens que leurs eaux s'écoulent par voie souterraine. Le vallon des Déneyriaz, creusé dans l'anticlinal du Chasseron, et celui de la Baumine au cœur de celui du Suchet-Aiguilles de Baulmes, appartiennent au même type sauf que leurs eaux sont recueillies par des cours d'eau superficiels.

L'origine de ces combes s'explique aussi par les lois de l'érosion karstique (fig. 2). La dissolution est maximum à la charnière des anticlinaux, où les fissures sont le plus nombreuses et souvent béantes, en raison du ployement des couches calcaires. Cette usure excessive se marque dans la topographie par la fréquence des dolines et la présence de dédales karstiques ; elle tend à émousser le sommet du pli, à le tronquer, puis à y creuser, dans le sens longitudinal, un sillon karstique irrégulier qui finira par perforer toute l'épaisseur de la série calcaire, dégageant ainsi son substratum, l'Argovien. En présence de ce nouveau type de roche, l'évolution morphologique de l'anticlinal subit une modification radicale. Sur les marno-calcaires argoviens, la dissolution fait place à une forme d'érosion beaucoup plus rapide conditionnée par le ruissellement des eaux superficielles. C'est pourquoi la dépression s'accentue, s'approfondit et finit par s'encaisser entre les zones calcaires voisines où la lente évolution karstique se poursuit.

Sur la carapace de calcaire qui constitue les chaînes et les plateaux jurassiens, la dissolution agit seule, et, du moment qu'elle est plus efficace sur les anticlinaux qu'au fond des synclinaux, elle tend à aplanir le relief. C'est ce qui s'est produit par exemple dans les Franches-Montagnes où le nivellement est presque réalisé. Mais quand l'érosion du calcaire a dégagé localement l'Argovien qui se trouve dessous, le ruissellement creuse de profondes entailles dans ces marno-calcaires peu résistants. Les combes anticlinales représentent un épisode de cette évolution. Puis en se développant, ces vallées d'érosion finissent par disséquer les massifs calcaires. On peut le voir dans les régions accidentées du Jura français comme Morez, Saint-Claude et Salins, où les croupes et les plateaux sont tranchés par des vallées fluviales et échancrés par des cirques et des bassins torrentiels.

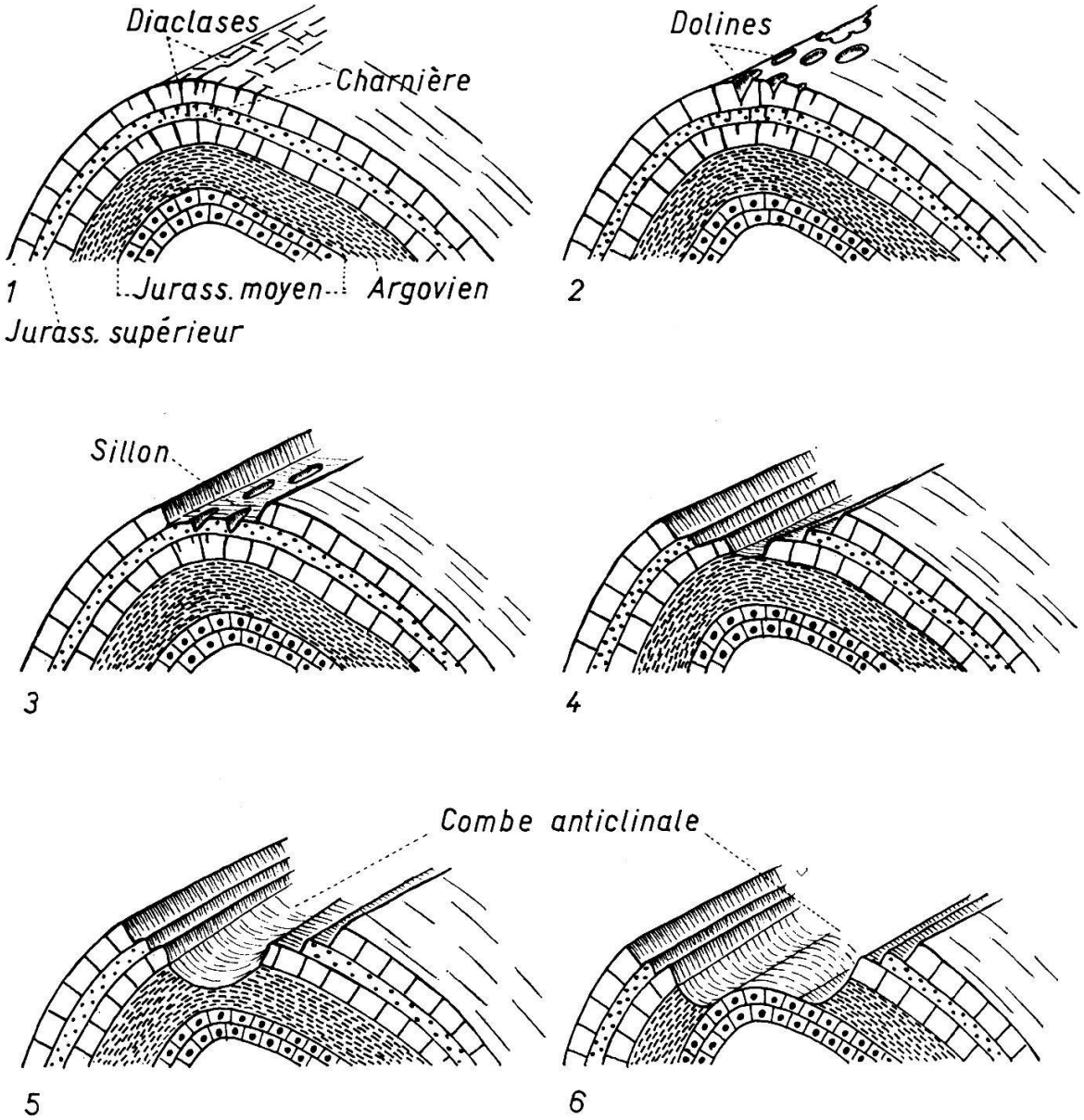


Fig. 2. — Schéma illustrant l'origine d'une combe anticlinale

5.8 *Les gouffres*. Plus nombreux que dans les autres parties de la chaîne, les gouffres constituent un des traits caractéristiques et non négligeables de la morphologie karstique du Jura vaudois.

Les « baumes » pour employer le terme local, sont particulièrement abondantes sur les anticlinaux qui s'étendent entre les décrochements de Montricher — Pontarlier et de Saint-Cergue — Morez. Dans cette région privilégiée, si l'on peut dire, plusieurs centaines de ces cavités verticales, dont certaines atteignent une profondeur considérable, ont été explorées, décrites et catalogues par la Société suisse de spéléologie (M. AUDÉTAT, 1961).

Les gouffres ont de tout temps intrigué les habitants du Jura et impressionné les voyageurs. Quel contraste entre ces mystérieux puits naturels s'ouvrant traîtreusement dans un sous-bois ou en plein pâturage et les allures paisibles du paysage jurassien ! (Photo 4.)

Du point de vue géologique, la signification même des gouffres reste fort discutée. En dépit des apparences, ce ne sont en général que des formations karstiques secondaires et malgré leurs proportions souvent formidables à l'échelle humaine, ils ne représentent que d'infimes discontinuités dans la masse énorme des calcaires qui les entourent.

En tant que collecteurs des eaux absorbées par le karst, les gouffres n'ont certainement pas l'importance capitale qu'on leur attribue parfois : là même où ils sont particulièrement abondants, leur rôle est probablement insignifiant par rapport à celui des innombrables conduits de section plus modeste, canalisant vers les profondeurs les eaux qui disparaissent dans les dolines et les fissures de lapiaz.

Comme celle des autres phénomènes karstiques, l'existence d'un gouffre est toujours liée à la présence d'une dislocation tectonique préalable : diaclase simple ou intersection de diaclases. Quant au processus même de la formation d'une telle cavité, il est peu évident et assez malaisé à interpréter. Tout ce que l'on peut avancer à ce sujet n'est malheureusement qu'un échafaudage d'observations subjectives et d'hypothèses. Il serait souhaitable qu'une étude rigoureuse de ce problème soit entreprise un jour.

Du fait que la genèse d'un gouffre semble débuter, dans la plupart des cas, à une certaine profondeur, c'est-à-dire à un niveau où les eaux en provenance de la surface ne possèdent plus qu'une faible capacité de dissolution en raison de tout le calcaire qu'elles ont déjà absorbé, on en vient à imaginer l'intervention d'un effet de corrosion secondaire, imputable à l'influence du micro-climat régnant dans les anfractuosités du sous-sol.

Le gouffre étant à l'origine une formation karstique généralement souterraine, son ouverture en surface est fortuite : elle est tout d'abord une conséquence de l'accroissement de la cavité qui paraît paradoxalement progresser surtout de bas en haut et secondement, de l'abaissement du niveau du sol, sous l'influence de la très lente ablation karstique superficielle.

Parmi les quelque 300 gouffres connus actuellement dans le Jura vaudois, nous nous limiterons à donner la liste de ceux dont la profondeur est supérieure à 100 m et qui se trouvent tous localisés entre le Mont-Tendre et le Noirmont. Pour plus de détails, nous renvoyons le lecteur à l'« Essai de classification des cavernes de Suisse » de M. AUDÉTAT (1961).

Les plus grands gouffres du Jura vaudois :

Gouffre	Coordonnées	Profondeur
Gouffre Antoine	514,900/160,750	243 m
Glacière à Tissot	515,000/160,150	100 m
Gouffre du Petit Pré	512,780/158,800	420 m *
Grande Baume du Pré d'Aubonne	509,500/155,900	117 m *
Gouffre de la Cascade	504,375/155,550	265 m *
Baume à la Rose	504,250/155,400	104 m
Gouffre de la Petite Chaux	503,675/154,025	115 m
Gouffre des Croix Rouges	501,800/152,250	108 m
Glacière du Crêt des Danses	499,950/151,075	125 m

* Exploration inachevée.

5.9 *Les résurgences*. Une fois englouties par les structures karstiques superficielles, les eaux de précipitation gagnent les profondeurs à travers tout un réseau de conduits, parmi lesquels les diaclases élargies et les joints de stratification jouent un rôle prépondérant.

A une certaine distance de la surface, les conduits voisins fusionnent entre eux en formant des boyaux de moins en moins nombreux mais de section croissante, qui finissent eux-mêmes par converger, soit vers une nappe phréatique profonde, soit vers un véritable cours d'eau souterrain, coulant dans l'axe d'un synclinal et recueillant les eaux d'un vaste bassin d'alimentation.

Quel que soit le cheminement emprunté par les eaux souterraines, elles finissent par réapparaître à l'air libre, au terme d'un parcours hypogé plus ou moins long. Ainsi en est-il des nombreux cours d'eau qui prennent leur source de part et d'autre des massifs jurassiens. Les sources restituant les eaux des contrées karstiques portent le nom d'exurgences ou de résurgences ; ce deuxième terme appliqué habituellement dans un sens général désigne plus exactement, selon les spécialistes, l'exutoire d'un cours d'eau souterrain ayant déjà circulé à l'air libre avant de disparaître dans une perte ou un emposieu.

Parmi les résurgences et exurgences jurassiennes, certaines se frayent discrètement un passage dans la moraine ou dans les éboulis, comme le Brassus (Vallée de Joux), le Toleure (Bière), la Diaz (Romainmôtier) et la Gerlette (Vallorbe). D'autres résurgences, plus spectaculaires, sont du type « vauclusien» classique et jaillissent de la roche en place par un orifice béant. C'est le cas de la source de l'Orbe (Vallorbe), du Doubs qui sort au pied du versant français du Risoux et du Nozon (Vaulion). Mentionnons enfin les exutoires temporaires livrant passage en période de grosses eaux, au trop-plein des sources du Biblanc et de la Lionne (Vallée de Joux), de la Venoge (l'Isle), de la Malagne (Montricher), de la Lance (Concise).

Les grottes sèches qui s'ouvrent dans les cluses ou sur le tracé des grands accidents tectoniques, sont toutes d'anciennes résurgences qui se sont taries par suite de la formation de nouveaux exutoires situés à plus basse altitude.

Par rapport aux autres formations karstiques qui ont été décrites précédemment, les grottes du Jura vaudois sont peu nombreuses. Les seules qui méritent d'être signalées sont celles qui s'ouvrent dans les gorges de Covatanne entre Sainte-Croix et Vuiteboeuf et les deux grottes aux Fées de Vallorbe.

6. Intérêt et importance des phénomènes karstiques

Dans toute contrée calcaire, l'ensemble des structures karstiques décrites précédemment constitue un vaste complexe de drainage dont le rôle économique et écologique n'est pas négligeable.

Du fait de l'enfouissement presque immédiat des eaux de surface, le Haut-Jura ne profite que partiellement des pluies abondantes dont il est gratifié. Les réservoirs naturels tels que lacs, étangs et quelques nappes aquifères retenues par les marnes et les moraines, sont des exceptions. Sur les immenses

étendues de forêts et de pâturages où la roche est à fleur du sol, rare est l'eau qui échappe à l'avidité des innombrables points d'absorption. Sans les fréquentes précipitations qui entretiennent leur végétation, les crêtes du Jura prendraient promptement l'aspect aride et désolé des régions méditerranéennes.

Mais si les hauts du Jura n'offrent que des ressources économiques limitées, les zones situées au voisinage des résurgences, par contre, ont été depuis les temps les plus reculés, des lieux propices à l'implantation humaine.

En réapparaissant à l'air libre, l'eau souterraine retrouve une certaine énergie qui a été mise à profit par différentes industries. Moulins, scieries, forges et quelquefois usines électromotrices, ont utilisé l'eau des résurgences. Mais des formes d'énergie mieux adaptées aux besoins actuels évincent de plus en plus ces pittoresques installations hydrodynamiques d'autrefois.

Autre particularité des régions karstiques : l'eau des sources est fréquemment impropre à la consommation. Depuis son absorption en surface et pendant tout son trajet à travers le réseau souterrain, cette eau ne subit pratiquement aucune filtration. En dépit de son apparence limpide par suite d'une certaine décantation, l'eau jaillissant des roches calcaires reste chargée de tous les germes bactériens récoltés dans les anfractuosités karstiques superficielles. Or ces dernières sont très souvent les réceptacles d'une quantité de déchets organiques qui s'y décomposent lentement.

A cette pollution naturelle s'ajoute malheureusement celle provoquée par l'homme : malgré une interdiction plus ou moins officielle, l'habitude de jeter les bêtes crevées dans les baumes est une solution de facilité que l'on applique encore trop souvent dans les alpages du Jura, ainsi qu'en témoignent les nombreux ossements de bovins qui s'enchevêtrent au fond des gouffres. Après la désagréable rencontre avec un veau à moitié décomposé ou le cadavre boursouflé d'un cochon défunt, le spéléologue, on le comprend, n'a plus guère envie de se désaltérer à l'eau du robinet !

Fréquente aussi, mais moins blâmable puisqu'elle pèche par ignorance, est la pratique d'enterrer les cadavres d'animaux domestiques dans les fonds de cuvettes herbeuses des pâturages, qui ne sont rien d'autre que des dolines souvent encore actives.

Une autre coutume déplorable mais couramment répandue est celle qui consiste à utiliser comme gadoues, les baumes et les dolines situées à proximité des chalets à bétail ou des cabanes de plaisance (photo 7).

7. Pourquoi et comment protéger les sites karstiques

A notre époque où l'homme devient de plus en plus envahissant, mais où il commence d'autre part à prendre conscience de ses responsabilités à l'égard de son environnement, il y a trois raisons au moins, qui devraient nous engager à protéger toutes les manifestations de l'érosion des reliefs karstiques :

— La première, d'ordre hygiénique, est la nécessité de préserver les eaux d'infiltration d'une pollution prématurée. En pays calcaire, la contamination des eaux de surface peut avoir des conséquences catastrophiques et imprévisibles du fait de la complication des réseaux souterrains et de l'éloignement des sources du bassin qui les alimente.

— La deuxième raison concerne les égards dus à la valeur intrinsèque et à la beauté naturelle des structures karstiques. En plus de leur rôle purement fonctionnel, ces dernières sont toujours de remarquables curiosités géologiques, en parfaite harmonie avec le cadre jurassien auquel elles donnent toute son originalité et son ambiance particulière.

— Ajoutons enfin que du point de vue écologique, les dépressions ainsi que toutes les anfractuosités travaillées par l'érosion, sont pour la plupart, des biotopes d'un intérêt exceptionnel dans lesquels se réfugient toute une flore et une faune anciennes, héritées des époques froides qui ont succédé à la dernière glaciation.

Quelles mesures prendre, en fait, pour assurer la conservation et l'intégrité de ce karst jurassien, si important à bien des points de vue, mais si méconnu ?

De toute les solutions à retenir, celle qui paraît s'imposer en premier lieu est incontestablement une action d'information ayant pour objectif de révéler aux habitants du Jura, aux jeunes en particulier, les principaux aspects de ce remarquable milieu naturel qui les touche de si près et de si multiples façons. N'est-il pas effarant de constater toute l'ignorance qui règne à notre époque, sur une réalité pourtant essentielle de la géographie physique de notre canton ? Ne se trouve-t-il pas nombre de gens sérieux qui s'accrochent encore à des sornettes de sourciers et prétendent que les eaux du Jura viennent des Alpes ?

Comme autres solutions à envisager, il y a bien entendu toutes les mesures de protection proprement dites, dont celle en particulier qui consisterait à interdire formellement l'utilisation des cavités naturelles comme dépotoirs.

On pourrait enfin préconiser la création de nouvelles réserves naturelles dans les zones les plus travaillées par l'érosion karstique et par là même, d'un très faible rendement fourrager et forestier, comme l'ont déjà fait certaines communes.

8. A la découverte du Karst du Jura vaudois. Excursions

8.1 *Première excursion* (fig. 3)

Sommaire : accès par Saint-George ou Bière, ou par Le Brassus (Vallée de Joux) — La Croix du Vuarne (lapiaz) — Les Sèches de Gimel et des Amburnex (évolution karstique d'un bassin fermé) — La Grande Rolaz (visite d'une grotte).

Horaire : Durée minimum de l'excursion depuis le point 1 indiqué sur la carte de situation et compte tenu d'un déplacement en voiture sur les parties carrossables du parcours : 5 heures.

Trajet en voiture :	7 km, soit environ 20 min.
Marche :	6 km, soit environ 1 h 40 min.
Visites et observations :	3 h dont 1 h 30 consacrée à la grotte de la Rolaz

Cartes topographiques :

— Carte spéciale du Jura au 1/50 000, feuille 6 (Lausanne — la Vallée de Joux — Saint-Cergue)
— Carte nationale de la Suisse au 1/50 000, feuille 260 (Saint-Cergue)
— Carte nationale de la Suisse au 1/25 000, feuille 1241 (Marchairuz)

Carte géologique :

— Atlas géologique de la Suisse au 1/25 000, feuille 25 (Les Plats — le Marchairuz — La Cure — Arzier — Gimel)

Itinéraire :

Du point 1 (voir carte de situation) accessible par l'un ou l'autre des versants du col du Marchairuz, vous prenez la route forestière (tout juste carrossable !) qui part direction sud-ouest. Au bout de 800 m, soit juste après le 2e « clédard » (nom local désignant le portail à claire-voie qui sépare deux pâtures), vous empruntez l'embranchement gauche de la bifurcation indiquée au point 2. Très rocailleux au début, le chemin s'améliore nettement par la suite.

Parvenu au point 3 (200 m après le clédard de la Croix du Vuarne), vous laissez la voiture. De là, vous allez en direction sud-ouest, à travers la clairière qui s'étend à droite du chemin. Au bout de 100 m environ, vous atteignez les premiers bancs de roche dénudés du lapiaz de la Croix du Vuarne. Ce dernier est l'un des plus beaux du Jura vaudois. Son relief onduleux et arrondi est du type *émoussé*. Cette morphologie est celle des lapiaz qui ont subi la plus grande partie de leur évolution sous la couverture d'un sol perméable à l'eau d'infiltration. Les « leisines » qui entrecoupent le lapiaz de la Croix du Vuarne sont du type « crevasse en bourse » (D. Aubert, 1969) : nettes et franches dans la dalle superficielle compacte, elles s'élargissent dans la couche sous-jacente, moins cohérente et plus sensible à l'action du gel.

Après la visite du lapiaz, vous pouvez reprendre la voiture jusqu'au point 4 qui est le terminus du chemin carrossable. Vous continuez à pied, direction sud-est. Au bout d'une centaine de mètres, vous laissez le sentier principal qui tourne à droite et vous suivez une piste de moins en moins nette qui se dirige toujours en direction sud-est. A partir de là, vous avez intérêt à signaler votre passage par quelques repères, en prévision du retour ! A 400 m du point 4, vous débouchez à l'extrémité nord-est d'une vaste dépression en grande partie déboisée.

La combe est divisée en deux pâturages aux noms évocateurs : la Sèche de Gimel au premier plan et un peu plus loin en direction sud-ouest : la Sèche des Amburnex. L'ensemble des deux « Sèches » constitue un bassin fermé sans écoulement superficiel. Toute l'eau de pluie récoltée par cette immense cuvette est immédiatement absorbée par les innombrables structures karstiques que vous pourrez observer en parcourant la région de long en large :

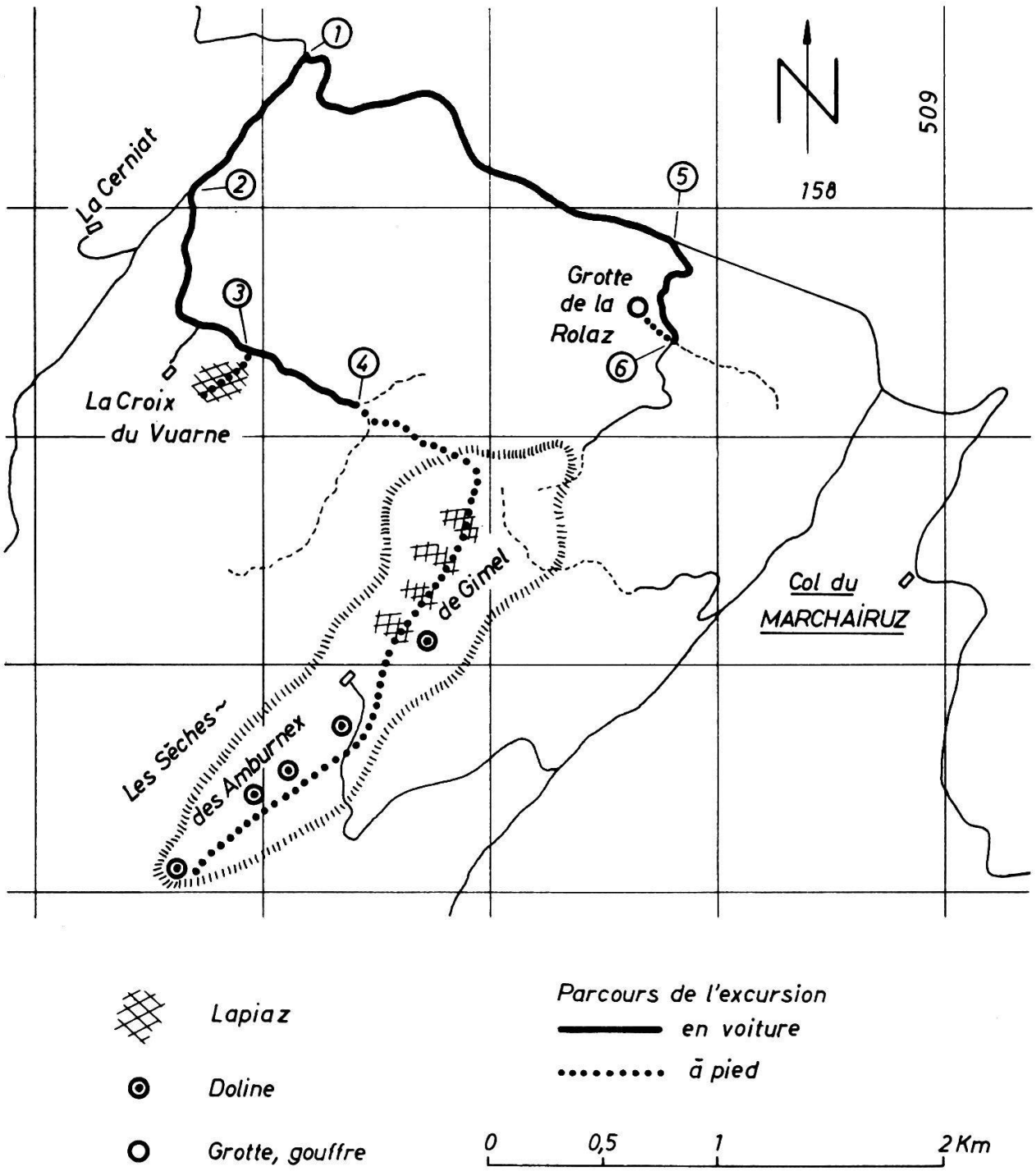


Fig. 3. — Carte de situation de la 1re excursion

— Le fond de la Sèche de Gimel est une réserve naturelle (cueillette des fleurs interdite !). En traversant cet endroit intéressant à plus d'un titre, vous remarquerez sa curieuse structure géologique : c'est un ancien plateau de calcaire compact, entaillé de nombreuses diaclases et dans lequel l'érosion a creusé une série de petites combes transversales caractéristiques.

Sur les promontoires rocheux qui ont subsisté, vivotent d'inextricables bosquets de sapins rabougris et malmenés par le rude climat qui règne en ces bas-fonds. Si vous vous hasardez dans ces taillis vous découvrirez de splendides lapiaz tabulaires. Le plus beau se trouve à la limite entre les deux « Sèches ».

— Dans le bas de la Sèche des Amburnex, vous remarquerez toute une série de dolines actives très caractéristiques.

— Si vous pénétrez enfin dans la forêt située au sud-ouest de la Sèche des Amburnex, vous traverserez un lapiaz couvert, chaotique et sauvage, entrecoupé de leisines béantes. Il s'y trouve aussi plusieurs dolines dont l'une est particulièrement vaste et profonde.

Le but final de l'excursion est la visite de la grotte de la Rolaz. Cette cavité n'est pas très facile à trouver ; plutôt que d'essayer de l'atteindre à pied depuis la Sèche de Gimel, nous vous conseillons de reprendre votre voiture et de rejoindre la route du Marchairuz que vous suivez jusqu'au point 5. Le chemin forestier qui part à droite étant fermé à la circulation, vous gagnez à pied le point 6 situé à une bifurcation. Depuis ce point, vous partez en direction nord-ouest, à travers un pâturage peu boisé qui monte en pente douce. La grotte se trouve à 240 m du point 6 et à une trentaine de mètres d'une petite falaise qui borde le pâturage au nord-est. Signalons encore que l'entrée de la grotte est assez peu visible : c'est un petit puits dont l'orifice circulaire de 1 m de diamètre s'ouvre au ras du sol.

La grotte de la Rolaz est une des rares cavités du Jura vaudois dont la visite n'exige ni un équipement spécialisé ni un entraînement spéléologique particulier. Comme elle débute par une verticale de 7 m, il est tout de même nécessaire de vous munir d'une échelle quelconque. Nous pensons épargner aux non-initiés de désagréables surprises à la remontée, en leur déconseillant de se fier à l'emploi d'une simple corde.

Le puits d'accès débouche en bordure d'une galerie de belle dimension que vous pouvez parcourir sur 170 m sans difficulté ni danger. Vous aurez l'occasion d'observer de nombreux phénomènes d'érosion souterraine, caractéristiques de l'évolution des cavités naturelles : diaclases élargies, alvéoles et marmites de décompression, cupules, lames d'érosion etc. Vous n'apercevrez par contre aucune concrétion stalagmitique.

8.2 *Deuxième excursion* (fig. 4)

Sommaire : accès par Le Brassus — Le Biblanc (résurgence temporaire) — Les Plats (dolines) — Les Begnines (combe anticlinale) — Le Mont-Sâla — Le Cimetière aux Bourguignons (dédale karstique) — Le Creux du Croue (combe anticlinale) — Retour par la Place d'Armes (gouffre) — Le Bois des Caboules (gouffres).

Horaire : durée minimum de l'excursion depuis Le Brassus et retour : 4 h 40 min.

Trajet en voiture :	25 km, soit environ 40 min.
Marche :	8 km, soit environ 2 h 30 min.
Arrêts pour observations :	1 h 30 min.

Cartes topographiques et géologiques : les mêmes que pour l'excursion 1.

Itinéraire :

Du village du Brassus, vous partez en direction de La Cure (France). 3 km avant la frontière (point 1), vous quittez la route principale et prenez la route forestière qui part à gauche, juste après un petit pont. Dès la limite de la forêt, vous vous engagez dans la gorge du Biblanc. La route s'élève en tournant le long d'un arc rocheux entaillé par le ruisseau. Au-dessus de la cascade formée par ce dernier, à droite, s'ouvre la résurgence temporaire du Biblanc. Pour y accéder, il est préférable de contourner l'arc rocheux par la gauche. Cette cavité est intéressante à plus d'un titre ; elle peut

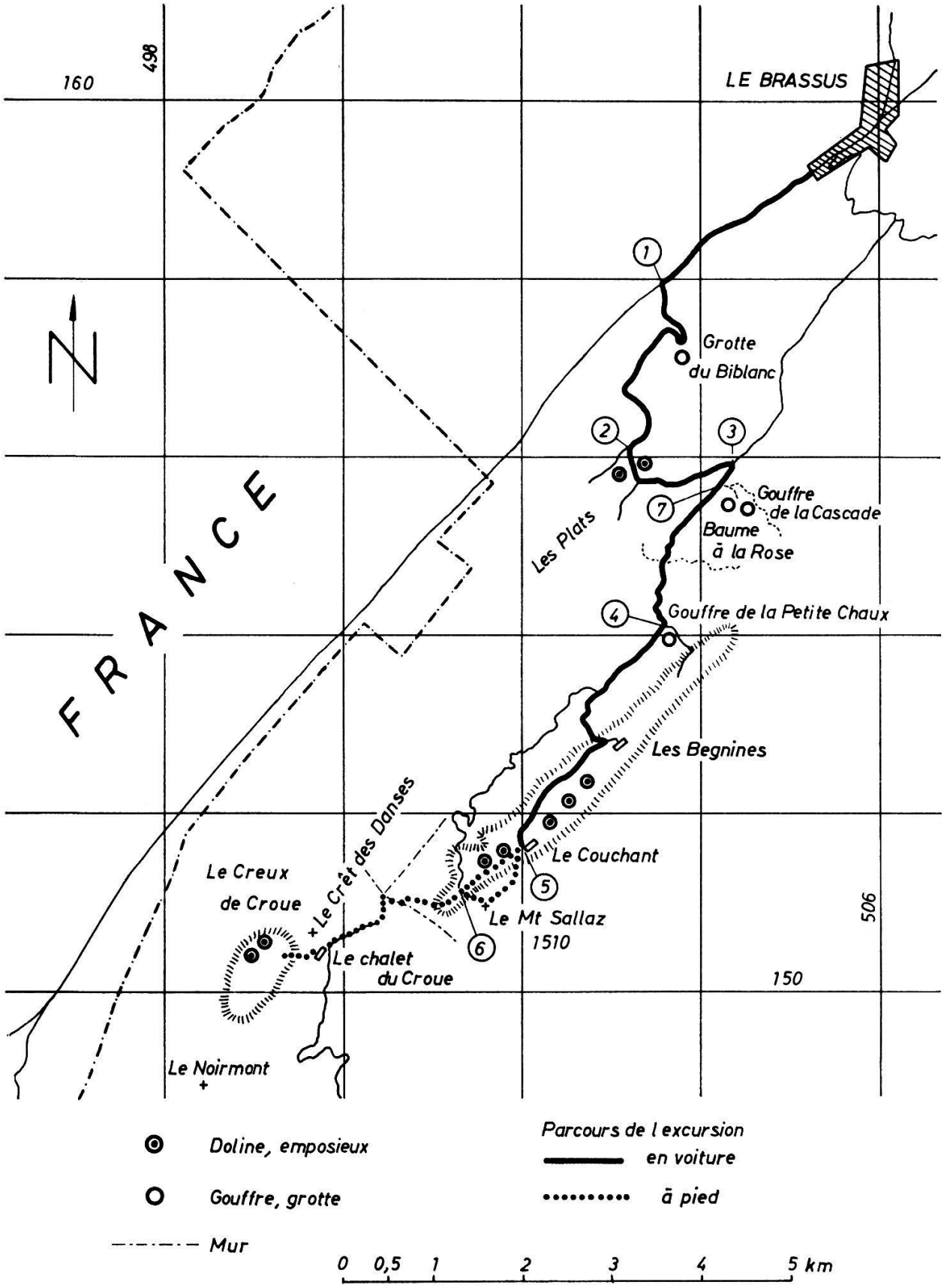


Fig. 4. — Carte de situation de la 2e excursion

être visitée assez facilement et sans danger si l'on ne craint ni l'humidité ni la boue (la visite de la grotte n'est pas comprise dans l'horaire de l'excursion).

Reprenant la voiture, vous poursuivez votre route en direction des Grands Plats. Au 2e « clédard canadien », suivi d'une bifurcation, (point 2), vous prenez l'embranchement de gauche qui traverse la combe. En passant, vous remarquerez quelques belles dolines creusées dans les calcaires jaunes du Crétacé inférieur. De l'autre côté de la combe, vous laissez un chemin qui part à droite et vous continuez à suivre la route goudronnée qui monte en pleine forêt, direction est, jusqu'au carrefour de la combe des Caboules (point 3). Là, vous tournez à droite et continuez jusqu'au rond-point de la Place d'Armes (point 4). Vous empruntez ensuite la route de droite qui longe le bois de la Petite Chaux puis tourne au sud et débouche enfin dans la combe des Begnines.

Cette longue dépression qui s'étend sur plus de 4 km, est l'exemple typique d'une combe anticlinale (v. p. 98). D'innombrables dolines jalonnent le fond de ce remarquable bassin fermé.

Laissant à votre gauche le chalet des Begnines, vous pouvez continuer en voiture jusqu'au chalet du Couchant (point 5), terminus de la route carrossable. Poursuivant à pied, vous longez la combe jusqu'au couvert du Couchant (point 6). Mais si vous n'êtes pas trop pressés, nous vous suggérons de faire un détour par le Mont-Sâla, point culminant de la crête qui borde au sud la combe des Begnines — le Couchant. De ce sommet, vous jouirez d'un magnifique coup d'œil sur la chaîne du Mont-Tendre, les immenses forêts de la commune d'Arzier, le Léman et la chaîne des Alpes.

Pour atteindre le Creux du Croue depuis le couvert du Couchant, nous vous recommandons de suivre attentivement nos indications. Le Cimetière aux Bourguigons que vous allez traverser en partie, est un des endroits les plus sauvages et les plus accidentés du Jura ; nous vous déconseillons de vous y aventurer sans boussole.

Partant donc du couvert du Couchant (point 6), vous continuez à suivre la combe jusqu'à son extrémité sud-ouest. Vous remarquerez un mauvais chemin qui se divise en deux peu avant d'entrer dans le bois. Vous prenez l'embranchement de droite qui monte direction ouest ; au bout de 500 m, il tourne brusquement à gauche et traverse un mur. Laissant le chemin, vous prenez à droite et longez ce mur jusqu'à son intersection avec un autre venant du nord-est. De cet angle, vous suivez la petite combe qui monte, direction sud, jusqu'à une grande clairière, bien dégagée, à laquelle aboutit une route forestière que vous suivez sur 650 m en direction du sud-ouest. Puis vous aurez sur la droite une belle combe déboisée dans laquelle vous apercevrez le chalet du Croue. Depuis celui-ci, il n'y a plus aucun problème pour atteindre le Creux lui-même, bien visible à votre droite.

D'un aspect grandiose et un peu austère, le Creux du Croue constitue une importante discontinuité dans le relief géologique local. Sa structure est celle d'une combe anticlinale fermée entaillant profondément le massif du Noirmont. Relativement imperméable, le fond de la dépression est occupé par une tourbière, sillonnée par plusieurs ruisseaux. Ces derniers convergent vers deux emposieux situés en bordure nord-ouest de la cuvette. C'est depuis le Crêt des Danses, sommité située à proximité et au nord-ouest du chalet du Croue, que vous aurez la meilleure vue d'ensemble sur le Creux du Croue et d'une façon générale sur tout le paysage environnant, y compris la chaîne des Alpes.

De retour au chalet du Couchant (point 5) vous reprenez votre voiture jusqu'à la Place d'Armes, déjà signalée à l'aller (point 4). A proximité de cet endroit se trouve le gouffre du bois de la Petite Chaux. Pour l'atteindre, vous partez direction sud-est, à travers un terrain particulièrement tourmenté. Au bout de 150 m seulement, vous arrivez au voisinage du gouffre en question (coordonnées : v. p. 100). Cette importante cavité a été explorée jusqu'à la profondeur de 115 m.

Toujours sur le chemin du retour, vous passez non loin de deux autres gouffres parmi les plus remarquables du Jura vaudois : il s'agit de la « Baume à la Rose » (profondeur 104 m) et du gouffre de la Cascade, exploré à grand-peine jusqu'à —265 m. Pour accéder à ces deux cavités situées en plein bois des Caboules, nous vous conseillons de laisser votre voiture au point 7 et de repérer les deux gouffres à la boussole à partir de ce point, en vous référant aux coordonnées indiquées à la page 100.

8.3 *Troisième excursion* (fig. 5)

Sommaire : accès par Bière ou Le Brassus — La Foirausa (dolines) — Le Pré de Saint-Livres (glacière) — Le Petit Pré (gouffre, glacière) — Druchaux (Creux d'Enfer).

Horaire : Durée minimum depuis le départ de la Route des Montagnes (point 1) et retour : 3 h 50 min.

Trajet en voiture :	13 km,	soit environ 20 min.
Marche :	3 km,	soit environ 50 min.
Arrêts pour observations :		1 h 30 min.
Visite de la glacière de Saint-Livres :		40 min.
Visite de la glacière à Pierrette :		30 min.

Cartes topographiques :

— Carte spéciale du Jura au 1/50 000, feuille 6 (Lausanne — La Vallée de Joux — Saint-Cergue)

— Carte nationale de la Suisse au 1/25 000, feuille 1241 (Marchairuz) et feuille 1221 (Le Sentier)

Cartes géologiques :

— Atlas géologique de la Suisse au 1/25 000
Pour la première partie de l'excursion : feuille 25 (Les Plats — Marchairuz — La Cure — Arzier — Gimel)
Pour la deuxième partie de l'excursion : feuille 17 (Vallée de Joux)

Itinéraire :

Partant de Bière ou du Brassus, vous gagnez le point 1, situé à environ 1 km et demi au-dessous de la croisée Saint-George — Marchairuz — Bière. Vous prenez ensuite la Route des Montagnes qui monte en direction du nord-est (au départ, vous remarquerez l'écriteau indiquant : la Foirausa). Au bout d'un kilomètre, vous atteignez une bifurcation (point 2). Vous prenez l'embranchement de gauche qui tourne en épingle à cheveux et vous conduit, après un parcours de 2 km en pleine forêt, à une longue clairière que vous traversez jusqu'à la bifurcation située à proximité du petit couvert des Eparcillons (point 3). Vous laissez l'embranchement de gauche et continuez en direction du nord-est. Environ 400 m plus loin, ne manquez pas d'observer les deux profondes dolines qui se trouvent entre la route et le chalet de la Foirausa, visible sur votre gauche. A l'extrémité du pâturage : nouvelle bifurcation (point 4). Vous prenez à gauche et passez le « clédard » du Pré de Saint Livres dont vous apercevez le chalet au milieu de la combe. Le bouquet d'arbres isolé que vous remarquez 200 m plus au nord abrite le magnifique orifice de la glacière de Saint-Livres. Un peu impressionnante au premier abord, cette remarquable cavité est aisément accessible. Une solide échelle métallique vous permet de franchir un petit ressaut rocheux. Vous vous trouvez ensuite au haut d'une pente de glace assez inclinée. Une corde vous facilitera la remontée de ce tobogan naturel, surtout en début de saison, alors que les prises sont rares.

Après la visite de la glacière, vous reprenez la route (de plus en plus mauvaise) qui monte le long d'une petite combe boisée, en direction du nord-est. Au terme d'un parcours d'environ 900 m, vous débouchez dans un pâturage en pente, au bas duquel vous pouvez laisser la voiture (point 5) : c'est le Petit Pré de Saint-Livres.

Vous continuez à pied en montant à travers le pâturage, direction nord-ouest. A la lisière de la forêt, vous passez une clôture et tâchez de repérer un mauvais chemin qui descend (toujours direction nord-ouest) à travers un terrain accidenté, où les bancs de roche sont découpés en gradins par l'érosion. Peu avant d'atteindre le point le plus bas de la dépression dans laquelle vous vous trouvez, le chemin passe à proximité de la cavité la plus importante du Jura, le gouffre du Petit Pré qui a été exploré jusqu'à la profondeur de 426 m. Il se trouve à 40 m sur la gauche, dans le bois. (Ses coor-

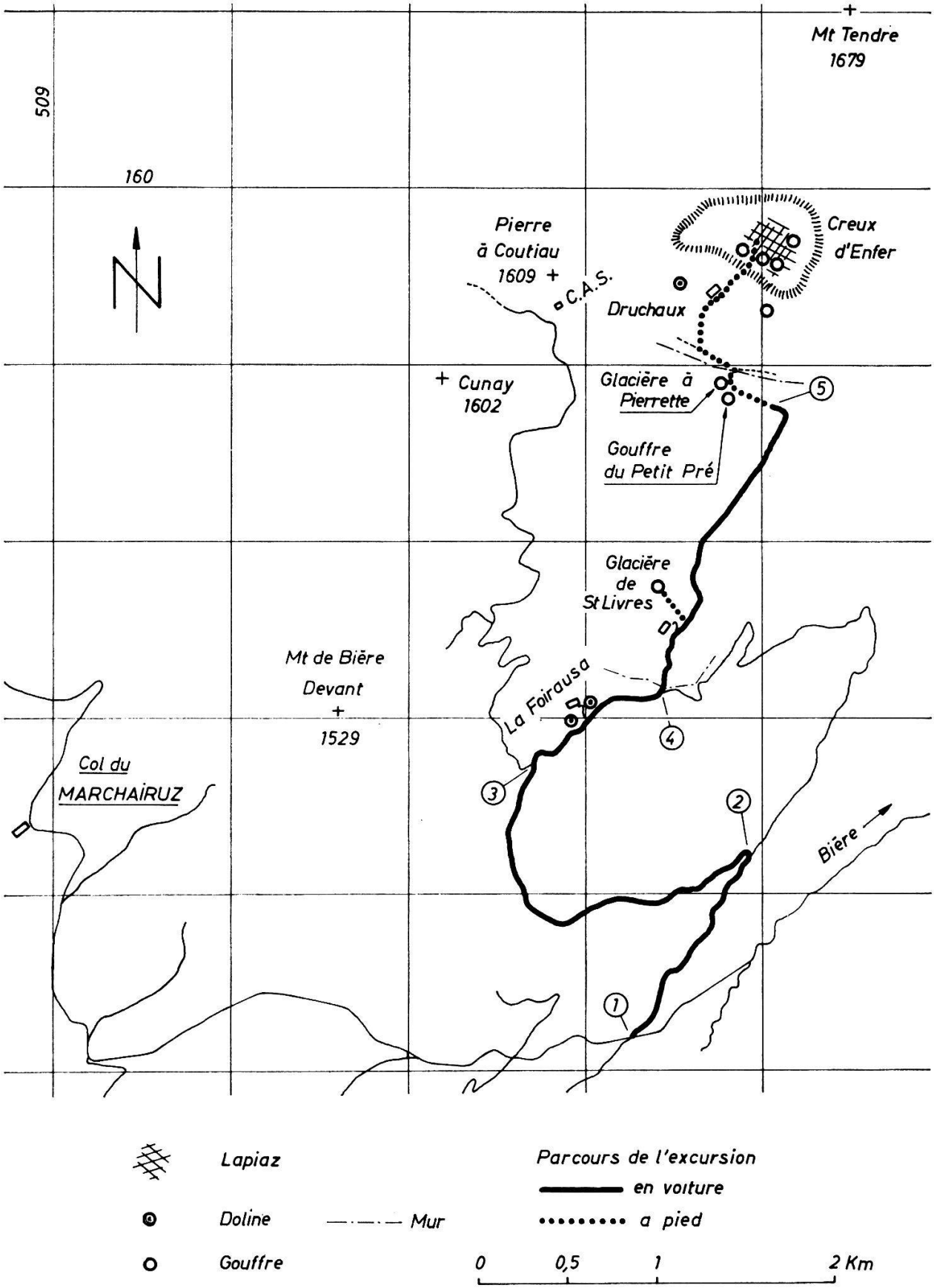


Fig. 5. — Carte de situation de la 3e excursion

données sont indiquées à la page 100). Vous aurez peut-être un peu de peine à découvrir ses deux orifices qui sont à vrai dire assez discrets : l'un est l'entrée naturelle ; c'est une simple diaclase élargie qui s'ouvre horizontalement dans une tête de banc et se prolonge par un méandre d'une dizaine de mètres, lequel débouche à son tour dans les immenses puits verticaux constituant la partie la plus impressionnante du gouffre. L'autre orifice est celui d'un puits artificiel ouvert à coups de mines pour faciliter l'acheminement du matériel lors des expéditions spéléologiques (photo 4).

Depuis le gouffre du Petit Pré, vous parcourez encore une centaine de mètres à travers une prairie qui s'élève régulièrement en direction du nord-ouest. Vers le haut de la pente, vous ne manquerez pas de découvrir une autre cavité intéressante dont le large orifice ne peut passer inaperçu : il s'agit de la glacière à Pierrette. C'est une belle grotte dont la visite ne présente pas de difficulté si vous avez de l'éclairage et de bons souliers. Par le flanc est de l'ouverture évasée en entonnoir, vous descendez une sorte de dévaloir terreux aboutissant à un petit palier. Vous vous engagez ensuite dans un passage assez bas qui s'ouvre sur la droite et auquel fait suite un plan d'éboulis, souvent recouvert de glace (à cet endroit, un bout de corde peut vous être utile !). Vous aboutissez enfin dans une grande salle circulaire, fréquemment ornée de belles concrétions de glace vive, surtout au printemps.

En quittant la glacière à Pierrette, vous prenez la direction du nord. Au bout de 80 m, vous traversez un mur de l'autre côté duquel il y a un mauvais chemin que vous suivez sur environ 200 m. Puis vous tournez à droite et gravissez un long talus un peu escarpé qui borde le plan de Druchaux.

Une fois sur ce grand plateau dégagé qui monte en pente douce vers le nord-ouest, vous gagnez le chalet que vous ne tardez pas à apercevoir, un peu sur la droite ; il vous servira de point de repère pour accéder à l'ultime but de l'excursion : le Creux d'Enfer de Druchaux. Ce nom plutôt sinistre désigne la grande dépression, en partie boisée, qui s'étend au nord-est du plan de Druchaux.

Situé sur la lèvre sud du décrochement coupant obliquementla crête de la chaîne, entre la Pierre à Coutiau et le Mont-Tendre, le Creux d'Enfer est avant tout une conséquence de l'intense dislocation des roches qui s'est manifestée au voisinage de cet accident tectonique. Activée par des conditions propices à son influence, l'érosion a fait le reste, éliminant progressivement les blocs de calcaire disjoints et travaillant en profondeur à travers les diaclases élargies. Il en est résulté la remarquable variété de phénomènes karstiques auxquels ce lieu tourmenté doit son nom évocateur.

C'est en partant du chalet de Druchaux qu'il est le plus commode d'atteindre le Creux d'Enfer. Prenant la direction du nord-est, vous descendez tout d'abord une succession de gradins rocheux façonnés par l'érosion frontale. Vous franchissez ensuite un rideau d'arbres clairsemés et débouchez sur les premiers grands plans lapiézés, inclinés vers le sud-est.

En traversant ces dalles intensément sculptées par le travail des eaux, vous observerez de splendides leisines « boîtes-aux-lettres » dont quelques-unes sont très profondes. Vous découvrirez aussi plusieurs gouffres ainsi qu'une fort belle glacière à double entrée, inaccessible du reste sans matériel spéléologique approprié.

Mis à part l'intérêt qu'il présente, vous constaterez aussi que ce site remarquable n'est pas un lieu de tout repos. Si vous vous y aventurez, une certaine prudence est de rigueur, surtout si vous êtes avec des enfants.

8.4 *Quatrième excursion*

Sommaire : accès par Le Pont — Le lac Brenet (Entonnoirs) — La source de l'Orbe (résurgence) — Les grottes aux Fées (résurgences fossiles).

Horaire : Durée minimum de l'excursion : environ 2 h 30 min depuis le départ du Pont jusqu'à la fin de la visite de la grande grotte aux Fées (il n'est pas tenu compte de la visite de la petite grotte).

Carte topographique :

— Carte spéciale du Jura au 1/50 000, feuille 6 (Lausanne — La Vallée de Joux — Saint-Cergue).

Carte géologique :

— Atlas géologique de la Suisse au 1/25 000, feuille 1202 (Orbe).

Itinéraire :

Du village du Pont, vous prenez la route de Vallorbe qui longe tout d'abord la rive sud-est du lac Brenet. Peu avant l'extrémité de ce dernier, vous prenez, à pied, un chemin interdit à la circulation, qui descend sur la gauche puis traverse la voie de chemin de fer. (Il y a quelques possibilités de parquer le long de la route principale mais si vous êtes avec plusieurs voitures, vous avez intérêt à les laisser vers la gare du Pont).

Après avoir contourné la tête du lac, le chemin longe la rive nord-ouest. Un petit pont enjambe un premier entonnoir endigué qui porte le nom mystérieux de « Cave à la Metsire ». A 450 m de là, au pied d'une paroi de rocher, s'ouvre le large orifice de l'entonnoir de Bonport. C'est le plus important des émissaires naturels qui absorbaient anciennement le trop-plein des lacs de Joux et Brenet. Actuellement, il n'est remis en service qu'en cas de forte crue, la presque totalité des eaux de Joux étant canalisée vers l'usine électrique de La Dernier, par la galerie artificielle partant de la Tornaz. Le fond de l'entonnoir est encombré par les gros blocs éboulés des parois à la suite de plusieurs interventions humaines. Il y a quelques années encore, on pouvait voir la cheminée d'évacuation qui s'enfonçait de quelques mètres, dans l'angle nord de la fosse. Un essai de coloration effectué par F. A. FOREL avait permis de mettre en évidence la relation hydrologique existant entre cet entonnoir et la résurgence de Vallorbe : le 28 décembre 1893, les vannes de Bonport sont ouvertes tandis que l'on déverse 4,25 kg de fluorescéine dans les eaux disparaissant sous terre. Deux heures huit minutes plus tard déjà, des observateurs placés à la source de l'Orbe notent les premiers signes de la crue. Cette dernière atteint son effet maximum sept heures quarante après le début de l'expérience. Mais ce n'est qu'au bout de vingt-deux heures que la coloration se manifeste...

Ayant réintégré votre voiture, vous continuez sur Vallorbe par le col de la Pierre à Punex. A l'entrée de la localité, vous tournez à droite, en direction de la source de l'Orbe. Vous atteignez cette dernière à pied, soit par la rive droite, soit par la gauche, après avoir garé votre voiture à l'un des parcs à disposition.

En découvrant pour la première fois le site incomparable de la source de l'Orbe, vous ne pouvez manquer d'être saisi par l'impression de puissance et de mouvement qui se dégage de cette masse d'eau limpide et tumultueuse montant des profondeurs, et contrastant avec l'imposante rigidité de la haute paroi rocheuse au pied de laquelle elle jaillit.

Poussé par son insatiable curiosité, l'homme a cherché à plusieurs reprises à percer le mystère de cette belle résurgence. Environ quatre-vingts ans après les célèbres expériences de coloration de FOREL, d'audacieux plongeurs du « Centre de Sports sous-marins de Genève » ont entrepris d'explorer le cours souterrain de la rivière. Après plusieurs expéditions de reconnaissance, ils ont réussi à pénétrer dans un vaste labyrinthe de galeries sèches, parfois décorées d'admirables concrétions et dominant les méandres du réseau actif.

Devant l'intérêt de la découverte, il s'est constitué à Vallorbe, une « Association pour la prospection de l'Orbe souterraine ». Cette société se propose de créer une voie d'accès artificielle afin d'ouvrir la caverne au public et aussi pour permettre aux explorateurs de progresser dans les parties encore inconnues du réseau. Les travaux d'aménagement, actuellement en cours, seront probablement achevés dans le courant de l'année 1973. Ajoutons que toutes les précautions ont été prises pour préserver le cadre naturel de la résurgence.

Toujours en ce qui concerne cette dernière, une intéressante question se pose : on peut se demander si le nom de « source de l'Orbe » qui lui est attribué est encore valable aujourd'hui, alors que les eaux des lacs de la Vallée de Joux, donc de l'Orbe proprement dite, sont captées par la canalisation artificielle aboutissant à l'usine électrique de La Dernier. En fait, il est prouvé qu'une certaine quantité de ces eaux rejoint le réseau souterrain naturel, par les pertes non colmatées qui ont échappé aux investigations de la CVE. Mais, de toute manière, il faut admettre que le cours d'eau surgissant des profondeurs, en amont de Vallorbe n'est pas « l'Orbe » seulement, mais surtout une énigmatique rivière souterraine cheminant sous la Vallée de Joux et

tirant son alimentation des infiltrations provenant des immenses surfaces karstiques environnantes.

Parmi les escarpements qui ferment au sud-ouest la vallée de Vallorbe, deux autres curiosités du karst jurassien méritent d'être signalées : ce sont les grottes aux Fées. Ces deux résurgences fossiles ne semblent pas être en relation avec ladite « source de l'Orbe ». Leur présence dans le même secteur est due simplement à la convergence de conduits souterrains indépendants, vers une discontinuité géologique déterminée par un accident tectonique, en l'occurrence, les failles et les diaclases résultant du décrochement qui coupe le Jura entre Montricher et Pontarlier.

Pour accéder à ces deux cavités, vous quittez la source de l'Orbe par la rive gauche, en suivant le sentier. Environ 150 m en aval, il y a une bifurcation ; de là, des écriteaux du T. P. vous indiqueront le chemin à suivre. La petite grotte aux Fées, que vous atteignez en premier lieu, est un boyau d'environ 300 m de long. Sans être dangereuse, sa visite est assez pénible à cause de l'étroitesse de certains passages. Il est à déconseiller de s'y aventurer sans un minimum d'expérience spéléologique. La grande grotte aux Fées est située un peu plus haut. Elle débute par un magnifique porche et se poursuit par une galerie large et haute qui ne présente pas d'autres difficultés qu'un sol glissant et parfois encombré de gros blocs (développement : 140 m environ).

BIBLIOGRAPHIE

AUBERT, D. 1965. — Calotte glaciaire et morphologie jurassienne. *Eclog. geol. Helv.*, 58, 1, 555-578.

— 1966. — Structure, activité et évolution d'une doline. *Bull. Soc. neuch. Sc. nat.*, 89, 113-120.

— 1969. — Phénomènes et formes du Karst jurassien. *Eclog. geol. Helv.*, 62, 2, 325-399.

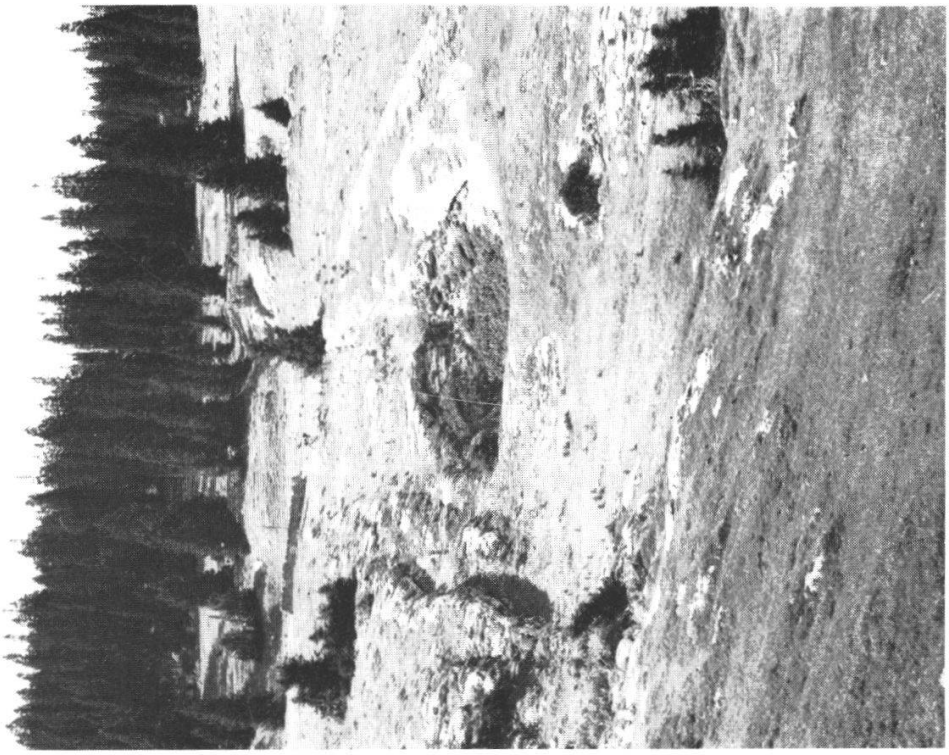
AUDÉTAT, M. 1961. — Essai de classification des cavernes de Suisse. *Stalactite, IV*, 6, 151-219, 8 pl.

BARON, J. 1969. — *Spéléologie du canton de Vaud.* Attinger, Neuchâtel, 1 vol., 541 p.

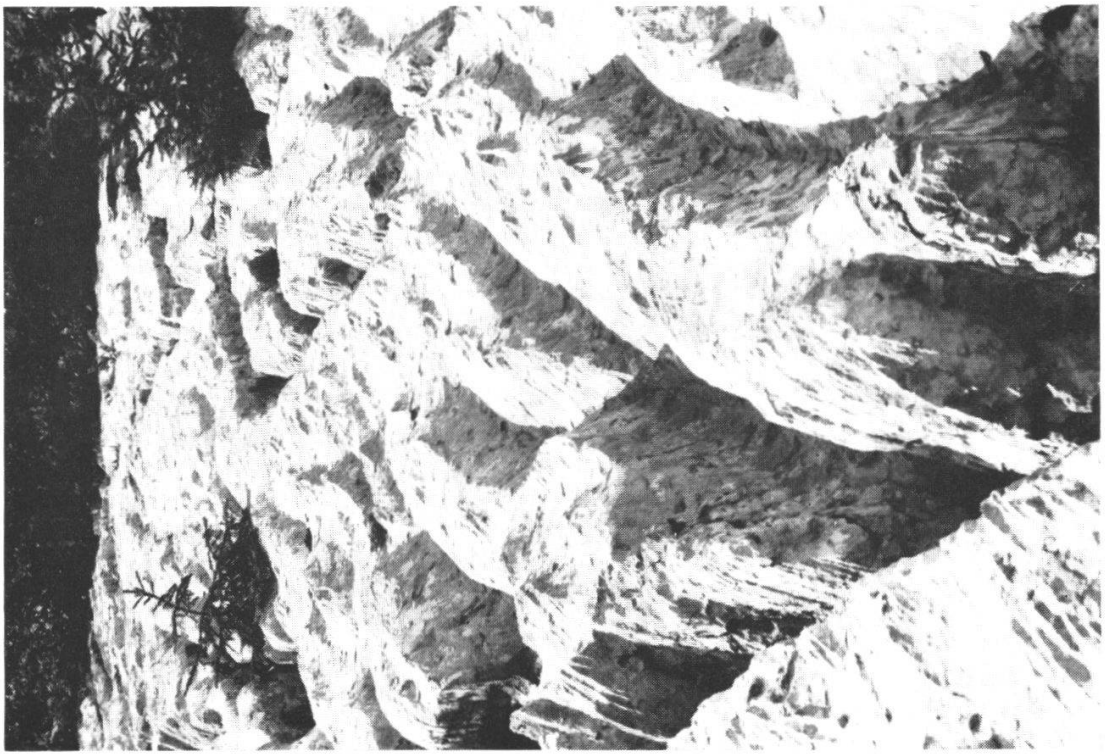
GÈZE, B. 1965. — Les conditions hydrogéologiques des roches calcaires. *Chron. hydrogéol. BRGM*, 7, 9-39.

— 1969. — *La spéléologie scientifique.* Ed. du Seuil, Paris, 1 vol. 190 p.

TROMBE, F. 1952. — *Traité de Spéléologie.* Payot, Paris, 1 vol. 376 p.

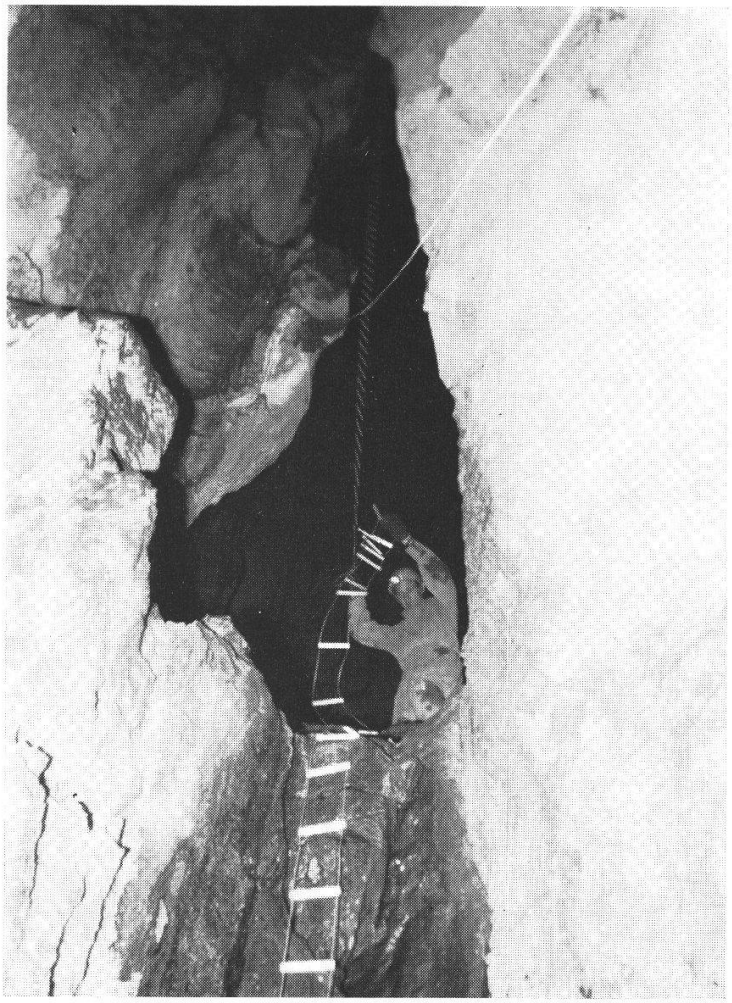


2. Grande doline active dans la Sèche des Amburnex
(Photo J.-P. Guignard)



1. Lapiaz tourmenté dans le Creux d'Enfer de Druchaux
(Photo J.-P. Guignard)

3. Vue partielle de la combe anticlinale des Begnines.
A l'arrière-plan : le chalet et le couvert du Couchant
(Photo J.-P. Guignard)



4. A– 130 m dans le gouffre du Petit Pré
(Photo J.-M. Golay)

5. Fermeture NE de la combe anticlinale du Creux du Croue. Au fond, la charnière indiquée par la courbure des couches calcaires. Au plat, le marais et la pessière ; à l'arrière-plan, le pré-bois et, à droite, sous les rochers, la hêtraie.

(Photo J.-C. Praz)

6. Fermeture SW de la combe anticlinale du Creux du Croue. Au fond de la dépression : le marais plat ; au second plan, à gauche, la forêt mixte au sous-bois de mégaphorbiée et à droite, derrière le chalet du Creux du Croue, un lambeau de hêtraie.

(Photo J.-C. Praz)

7. Un phénomène karstique de plus en plus fréquent :
la « doline-ruclon »
(Photo J.-P. Guignard)