

La cartographie des dépôts volcaniques montre que, lors de la construction du strato-volcan, les matériaux laviques et volcanoclastiques primaires se sont accumulés à proximité des points de sortie. Les matériaux meubles ont

Cependant, les dépôts d'avalanche de débris du Cantal n'ont pas fini d'étonner celui qui les observe. Leur volume, la taille des blocs inclus, leur présence tout autour du Cantal, la distance parcourue par rapport au cœur de l'édifice interpelle l'observateur et il n'est pas étonnant que de nouvelles hypothèses tentant de les expliquer apparaissent régulièrement.

BRGM

Les dégazages ignorés du Pavin, le *terrifiant* lac-maar d'Auvergne

Fig. 1-8. – La région du lac Pavin au sud des monts Dore, dans laquelle s'est produit le dégazage du lac et ses effets, à l'époque de la trombe lacustre. Carte chorographique de l'Auvergne de Dezauche, 1786, reprise de la carte de Cassini. (avec l'aimable autorisation de la bibliothèque universitaire de Clermont-Ferrand). 1 : Pavin (encore nommé Paven), 1 300 m. 2 : Montagne de Vassivière, lieu de pèlerinage depuis 1550 (1 300 m). 3 : Puy de Montchal. 4 : Creux de Soucy. 5 : Ville de Besse.



et constituent ce que l'on appelle le monimolimnion (du grec : *mónimos*, stable, permanent et *límñē*, lac). Outre ce caractère très rare, peu reconnu dans les guides géologiques, mais bien détaillé dans l'ouvrage *Lake Pavin* (Sime-Ngando *et al.*, 2016), le lac cache une histoire longue et mouvementée, complètement ignorée jusque-là et qui révèle de nombreuses formes de dégazage que nous résumons ici. ●●●

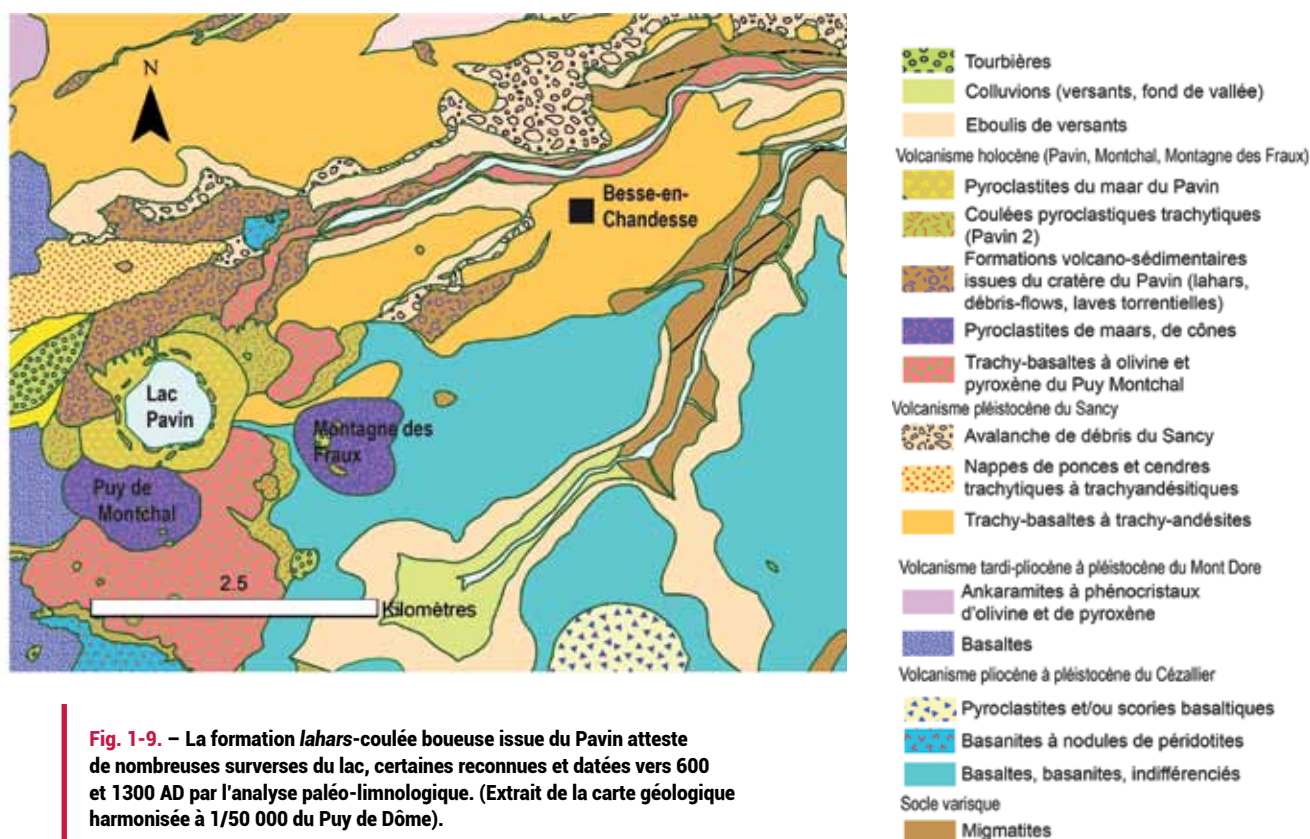


Fig. 1-9. – La formation lahars-coulée boueuse issue du Pavin atteste de nombreuses surverses du lac, certaines reconnues et datées vers 600 et 1300 AD par l'analyse paléo-limnologique. (Extrait de la carte géologique harmonisée à 1/50 000 du Puy de Dôme).

●●● La « découverte » du risque limnique lors de la catastrophe de Nyos (août 1986)

La catastrophe s'est produite dans un lac de cratère quasi-inconnu du Cameroun, le lac Nyos. Son explosion soudaine suivie de l'émission dans les vallées voisines d'une nappe de CO₂ invisible, soudaine et sournoise, a provoqué la mort instantanée de 1 700 hommes et de milliers d'animaux. Chez les survivants s'ajoutent des effets neurologiques graves et immédiats (paralysie, commotions, cécité et coma). Après d'âpres controverses, les scientifiques rendront leur verdict : le CO₂ sous pression dans les eaux profondes du lac a explosé puis s'est répandu à l'aval du lac. Ce phénomène très violent, qui sera nommé « éruption limnique », s'accompagne, selon les témoins, de fumées épaisses, de tonnerre et d'éclairs, d'un geyser d'eau de 50 m au moins, et enfin d'un changement complet d'aspect des eaux du lac devenues orangées. Un autre dégazage au lac Monoun, un voisin de Nyos, avait causé la mort de 40 personnes en 1984 mais son étude, réalisée par des chercheurs américains, n'était pas encore publiée en 1986 car elle avait été refusée par *Science* pour manque de crédibilité ! La communauté scientifique mondiale découvre alors ce nouveau risque, mais pas les populations locales : l'anthropologue américaine Evguenia Shanklin avait noté que les villageois connaissaient, et depuis longtemps, les risques produits par certains lacs lors de leurs « mauvaises conduites » (*Misbehaviour*), et qu'ils leur pratiquaient des cultes spéciaux et des rites d'offrandes.

Dès le mois suivant, le Commissariat aux risques majeurs français, sur la demande pressante d'Haroun Tazieff, sollicite les volcanologues de Clermont-Ferrand et les géochimistes du Pavin pour en faire une étude poussée. Cette expertise collective des gaz profonds, dont j'ai fait partie, nécessite du matériel et des analyses spécifiques. Notre diagnostic (Camus *et al.*, 1993) est que les concentrations en CO₂ dissous dans les eaux profondes anoxiques, le monimolmion, sont très loin de la saturation, une mesure confirmée la même année par les géochimistes de l'ETH de Zurich : il n'y aurait donc pas de risques de dégazage actuellement.

Des découvertes géologiques relancent le risque limnique (2005-2009)

Ce sont deux géologues indépendants qui relancent l'idée d'un risque au Pavin, bien après l'expertise rassurante de 1989. En 2005, deux découvertes sont faites lors du levé de la carte géologique de Besse à 1/50 000 par Pierre Lavina : un dépôt détritique, daté vers 1300, correspondant à une ancienne coulée boueuse dévalant la vallée de la Couze Pavin, reprise dans la carte géologique de Besse sous presse, sur près de 10 km à partir du lac suggérant un débordement catastrophique, et des émissions ●●●

●●● locales de CO₂. Le préfet demande alors des études discrètes sur un risque potentiel. Mais des fuites dans la presse locale déclenchent une polémique avec les chercheurs du laboratoire de Magma et Volcans sur l'existence de cette coulée ignorée depuis la première carte de Lecoq (1861), et source d'inquiétude. En 2009 est alors organisé à Besse un colloque international sur le Pavin et les lacs méromictiques. Les spécialistes français du Pavin et de Nyos sont là, ainsi que de nombreux chercheurs étrangers ; tous ignorent les descriptions de « mauvaise conduite » passée du lac, ce que nous verrons plus loin. Lors de la dernière journée ouverte au public et destinée à y voir plus clair quant aux risques liés au Pavin, l'hydrogéologue Thierry Del Rosso évoque des catastrophes – et peut-être même une activité volcanique au Moyen Âge – dans une communication sur les légendes du lac qui soulève opposition et sarcasmes.

À la suite du colloque de Besse, j'ai entrepris l'étude systématique du puzzle historique du Pavin qui livre une vision bien différente de celle du lac tranquille qui prévaut aujourd'hui. Examinons d'emblée la principale pièce de ce puzzle, trouvée en 2018, qui valide toute notre interprétation antérieure publiée en 2016 dans Lake Pavin.

La « trombe lacustre » du Pavin de 1785, décrite par le minéralogiste Louis Cordier

Louis Cordier (1777-1861), publie en 1803, dans une lettre scientifique adressée à un grand journal parisien, le *Moniteur universel*, le témoignage de deux Auvergnats, les sieurs

Legrand et Enjelvin, à propos d'un phénomène explosif, soudain et violent survenu au Pavin en août 1785 :

« Attirés sur ces hauteurs par les mêmes motifs que ceux qui nous y ont conduits, fatigués par une chaleur excessive, ils étaient assis sur les bords escarpés qui dominent le lac ; leurs regards qui se promenaient d'abord vaguement sur les montagnes, furent bientôt appelés vers le lac par un bruit sourd et subit. Un nuage extrêmement dense s'était déjà formé vers le milieu de l'eau qui bouillonnait ; il s'agitait en tournant rapidement sur lui-même. En peu de tems le vent devint violent, les vapeurs augmentèrent excessivement, et une trombe naissante de 6 mètres (18 pieds) de diamètre commença à monter perpendiculairement dans l'air. A peine eût-elle dépassé la hauteur de l'enceinte, qu'elle cessa de s'élever ; mais alors elle commença à verser en abondance un brouillard épais, qui enveloppa promptement la montagne et ses environs. Animé par un mouvement rapide, et soutenu par la trombe, ce nuage orageux tourbillonna long-tems sur place, et finit par se renverser en entier dans la capacité du cratère. Vers ce tems, un fracas épouvantable se fit entendre, et continua pendant un quart-d'heure, accompagné d'éclairs éblouissants qui se succédaient avec rapidité. Cependant le bruit de la foudre diminua peu à peu, le nuage s'éclaircit, et finit par se dissiper totalement. Enfin, le calme de l'air se rétablit au bout de deux heures que dura ce singulier phénomène. En descendant au fond du cratère, les voyageurs trouvèrent sur les rives étroites du lac une couche de grêle très fine, qui avait 2 décimètres (7 pouces) d'épaisseur. Signé : Cordier, ingénieur des mines. »

Il s'agit bien là d'un dégazage soudain, violent, court, spectaculaire et qui peut être perçu de loin. Un débordement (ou surverse) n'est pas mentionné mais est possible au vu de l'agitation du lac. On y trouve la plupart des caractéristiques de l'éruption limnique de Nyos et un triplet tempête-tonnerre-éclairs qu'on retrouve dans bien des descriptions. Lorsqu'il recueille ce témoignage de première main, Cordier (fig. 1-10), ancien assistant de Dolomieu lors de l'expédition d'Égypte, n'est pas encore le grand minéralogiste français qu'on connaît (on lui a dédié la cordiérite), ni le fondateur de la Société géologique de France. Il effectue alors, en 1803, une traversée à pied de l'Auvergne. On peut penser que, dans ce rapport de voyage géologique, il a tenu à faire part à la communauté scientifique, d'un phénomène inconnu dont il ne propose pas de cause. Il ne fait pas non plus état de descriptions antérieures du Pavin, ni écrites, ni rapportées par ses guides de Besse, la petite ville voisine, à 4 km du lac (fig. 1-8). ●●●

Fig. 1-10. – Louis Cordier publie en 1803 la première description connue complète d'une trombe lacustre au Pavin, réinterprétée ici comme une éruption limnique, analogue à celle du lac Nyos (1986). (Portrait par Ambroise Tardieu, 1825)



●●● Les autres lacs dégazant de Monticchio au Monte Vulture (Italie) (1810-1820)

Que sait-on sur ces lacs de cratère à cette époque ? En Italie, vers 1770, les pionniers de la volcanologie de Naples sont avertis de phénomènes anormaux – sources bouillonnantes – dans les lacs de cratère jumeaux de Monticchio (massif du Monte Vulture, Basilicate). L'Abbé Tata, monte une expédition pour en faire l'étude et emporte un nouvel instrument, une bouteille spéciale pour prendre l'eau en profondeur. À la remontée, lorsqu'il débouche, avec difficulté, la bouteille à la surface, l'eau jaillit à deux mètres de haut. Tata la goûte et lui trouve une saveur de vitriol ! L'étude des deux lacs sera poursuivie jusqu'en 1851 par l'Académie des sciences de

Naples. Dans leur enquête sur place, les géochimistes trouvent mention de plusieurs épisodes violents, en juin et août 1810 et en 1820 avec une mortalité massive de poissons, des coups de tonnerre, des éclairs et des jets d'eau de 3 m et 5 m. Ils y font l'analyse des gaz dissous lacustres (CO_2 et H_2S), une première. Les découvertes des Napolitains, comme la description de Cordier, vont rester ignorées pendant deux siècles, en France comme en Italie. En 2018, les volcanologues y observent un changement brusque de couleur, indicateur d'un retournement (*rollover*) des eaux profondes anoxiques (fig. 1-11), donc d'un dégazage.



Fig. 1-11. – Lacs de Monticchio (Italie).
Changement soudain de couleur en janvier 2017 dans le Lago Piccolo par rapport au Lago Grande (arrière-plan), accompagné de « fish kills » dû au phénomène de *rollover*, qui génère la précipitation en surface, sous forme d'hydroxydes, du fer ferreux des eaux profondes.

L'oubli général du dégazage du Pavin depuis deux siècles

Le déni de Lecoq, le prééminent naturaliste de l'Auvergne (1802-1871)

La description de la trombe lacustre du Pavin ne fut pas relevée par ses contemporains. Au contraire, Henri Lecoq, pharmacien, botaniste, hydrologue et auteur de la première carte géologique de la région, s'évertue à normaliser le lac dont il fait, dès sa première visite, une aquarelle très précise dans son guide d'excursions géologiques (fig. 1-12). Il y rapporte aussi les « histoires du Pavin », qu'il juge totalement sans fondement :

« *Aucun bateau, aucune nacelle ne traversent ses eaux profondes. Aucun habitant des environs n'oserait s'attarder sur cette plaine liquide. Un tourbillon existe au milieu, et engloutirait l'imprudent qui voudrait y conduire sa barque. Une pierre lancée assez loin pour atteindre ce gouffre, fait bouillir les eaux et produit un orage. Le plomb des sondes fond au milieu du lac et sa profondeur n'atteint pas de limites. Telles sont les absurdités que nous entendions raconter...* »

C'est un condensé de tout ce qu'on raconte sur le Pavin. Malgré le déni de Lecoq, sa descrip-

tion sera reprise tout au long du XIX^e siècle, par les géographes Adolphe Joanne, Élisée Reclus et par Pierre Larousse qui n'y trouveront pas d'explication. Lecoq ignore la description de Cordier (et toutes les précédentes). Le naturaliste ne cessera de venir au Pavin. En 1844, il introduit la première barque au lac, le sonde, y décrit une spongille siliceuse puis réussit à y introduire les premiers poissons en 1859, achevant la normalisation d'un lac redouté et évité depuis toujours par les populations locales. Jamais il ne tentera d'en percer les mystères par une étude scientifique comme l'ont fait les chercheurs napolitains à Monticchio entre 1770 et 1850. Le jugement sans appel de Lecoq a bloqué, jusqu'en 2010, la recherche historique sur le lac et sa région ; les limnologues ignoreront, eux-aussi, les « histoires du Pavin ».

Les limnologues tardent à reconnaître la méromicticité du lac

À la fin du XIX^e siècle, le Pavin est le premier lac français à faire l'objet d'études limnologiques, juste après le Léman étudié par Forel, créateur de cette discipline. Dès 1892, attiré par le lac Pavin, ●●●

Fig. 1-12. – Sur l'aquarelle de 1835 du Pavin par Lecoq figure bien la morphologie abrupte du maar explosif et de son exutoire, une gorge terrible qui pourrait résulter de l'érosion par les surverses anciennes et brutales, découvertes par les paléolimnologues en 2016.



Vue du lac Pavin et du Volcan de Montchalme près Besse.

© wikipedia : aquarelle de Lecoq, 1835, bibliothèque universitaire et municipale de Clermont-Ferrand, photo Meybeck

●●● André Delebecque (1861-1947), jeune collaborateur de Forel sur le Léman et fondateur de la limnologie en France, fait venir Édouard-Alfred Martel (1859-1938), fondateur de la spéléologie, pour explorer pour la première fois le Creux de Soucy, le petit gouffre souffleur situé à moins de 2 km au sud du Pavin dans la coulée du Montchal. Martel ne put descendre tout au fond du Creux de Soucy en raison d'une nappe de CO₂ qui disparut quelques mois plus tard. Le Pavin est en effet une zone d'émission forte et parfois fluctuante de CO₂ d'origine profonde, émission confirmée par des études récentes du BRGM. Delebecque trouve une anomalie thermique significative, +1°C au fond du Pavin, recueille au fond du lac un sédiment très rare, la randannite (diatomite) et y mesure des concentrations exceptionnellement élevées en SiO₂ dissoute jamais rencontrées encore dans d'autres lacs. Mais il n'y fait pas de mesure d'O₂ dissous, analyse très rare à l'époque. Ce n'est qu'à partir des années 1950 que les limnologues de Clermont-Ferrand découvrent avec surprise une anoxie totale en dessous de 65 m de profondeur, et des eaux beaucoup plus minérales, riches en fer ferreux et autres espèces réduites, autant de critères définissant une stratification permanente très rare, la méromicticité. Dès lors le Pavin attire, outre les hydrobiologistes, des géochimistes puis des microbiologistes et des paléolimnologues venus de partout.

La riche histoire ignorée des « mauvaises conduites » du Pavin (1547-1936)

Jusqu'en 2018, il semble qu'aucun scientifique, encore moins les 200 000 visiteurs annuels du lac, n'ait eu connaissance de la description de la trombe lacustre de Cordier. Cette description permet, avec celles de Nyos, Monoun et Monticchio, de réinterpréter les nombreuses, mais très dispersées, descriptions d'autres « événements Pavin » datés de 1551, 1632, 1783, 1849 et 1936. Nous les avons retrouvées en reconsidérant des sources textuelles variées : historiques (Chro-

nique du voyage de Charles IX, *Cosmographie de Belleforest*, Magazine clermontois de 1783), religieuses (*Chroniques des miracles de Vassivière*), fantastique dans un récit célèbre de 1632, manuscrites (Manuscrit Godivel écrit vers 1750, publié en 1884 mais analysé seulement en 1925), journalistiques (Cordier en 1803, Joanny en 1986). Chaque événement est bien circonscrit (date précise, noms de témoins, détails) ; ce ne sont pas des légendes, même s'ils ont les formes et les référentiels propres à leurs époques. Les populations locales étaient, depuis très longtemps averties des « mauvaises conduites » du Pavin.

Dès le XVI^e siècle, des éléments convergents suggèrent un comportement anormal du lac, quasi permanent, qui terrifie les populations proches – d'où son nom, *lacus pavens* (le lac terrifiant), mentionné par un docteur hydrologue (Banc, 1605). Les dégazages du lac, occasionnels et invisibles, produisent aussi des effets insidieux (commotion, cécité, paralysie soudaines) sur les populations locales. Lorsque les malades se rétablissent spontanément (comme à Nyos), ce sont des miracles aussitôt attribués à la Vierge dont la statue est placée depuis le Moyen Âge sur la « montagne sacrée » de Vassivière, située à 1,5 km du bord du cratère sur les contreforts des monts Dore (1 300 m) (fig. 1-8). La chronique officielle des miracles, depuis 1547, est une source précieuse. Voici la chronologie sommaire des événements-Pavin répertoriés jusqu'ici.

En 1547, un « *undévo*t » [sic] [qui ne se place pas sous la protection de la Vierge] est frappé de commotion et de cécité soudaines, à proximité du lac. Sa guérison, très remarquée et aussitôt déclarée miraculeuse en ces temps de conflits religieux, est attribuée à la Vierge. En août 1551, un événement très semblable à celui décrit par Cordier, est suivi par les pèlerins à partir de Vassivière : un obscurcissement soudain du ciel serein, puis un grand souffle qui couche les témoins, tonnerre et éclairs incessants et enfin un arrêt soudain avec retour du beau temps, suivi par une forte odeur de soufre. ●●●

●●● En 1566, le lac est présenté au roi Charles IX, lors de son passage avec sa mère à Clermont-Ferrand, comme un « *gouffre duquel il sort ordinairement une grande fouldre de gresle et de tonnerre, qui gatste les bledz des vallées* ». Cette description ressemble bien à celle que fera Cordier ; la foudre et le tonnerre, et parfois la grêle, sont les éléments qui reviennent sans cesse à propos du Pavin.

En 1575, le lac est répertorié comme « Lac Merveilleux en Auvergne » et « Lac sans fond en haut d'une montagne excitant tonnerre et éclairs », dans la Cosmographie universelle de François de Belleforest, publiée à Paris (fig. 1-13) : « *on voit un lac de grande étendue et presque au sommet d'une montagne, lequel est sans fonds qu'on aye donc sceu trouver et dedans lequel n'y entre l'eau d'ailleurs qu'on l'aperçoive. Au reste il est admirable à voir et encore plus effroyable, d'autant que, si on jecte quelque pierre dedans, on se peut tenir pour asseuré d'avoir bientôt du tonnerre, des éclats [éclairs], pluies et gresles* ». La Cosmographie aura un grand succès – c'est la première description du royaume – et le petit lac de 44 ha devient fameux dans le royaume et au-delà. On ignore qui est l'érudit local qui l'a transmise au Parisien. Cette description sera reprise telle quelle pendant trois siècles, à commencer par le théologien Jacques Fodéré (1619).

En 1632, un récit fantastique, publié à Paris chez M. Colombel, présente « *un lac dit le ténébreux, pour estre toujours couvert de brouillards et nues espesses et obscures qui apporte incommodité à la Limagne d'Auvergne : car tout au long du printemps et de l'Esté, s'eslèvent d'iceluy les vapeurs susdites, desquelles font tempêtes et tonnerres, qui perdent bien souvent les fruits, les bleds, et les vignes de ce pays. Il y a des poissons monstrueux pour n'estre, ny n'avoir esté pésché à cause du lieu presque inaccessible et inhabitable* ». Le lac est aussi le repaire d'un terrible dragon dont les yeux étincellent et les dents grincent et qui se précipite sur un passant en contrebas. Le rescapé, retiré sous le dragon vaincu, développe plus tard des bubons. On peut interpréter ce récit énigmatique, réédité en 1832,

comme une petite surverse du lac, entraînant une coulée de boue. Le « poisson monstrueux », qu'on retrouve vers 1550 dans le maar de Ulmen (Eifel) est lié aux remous terribles ou aux jets d'eau observés dans le lac. Au début du XVIII^e siècle, le lac est décrit en détail : il a des brouillards en permanence, ses eaux ont un goût de fer, on n'y trouve pas d'oiseaux alentour et chaque été (le lac est alors gelé 5 à 6 mois par an et la glace atteint 3 pieds) se produisent « *plusieurs exhalaisons et vapeurs qui peu de temps après dégènèrent en nués et finalement en tempêtes qui tiennent en crainte et en peur tout le pais* ». (Manuscrit Godivel, écrit par un érudit de Besse et retrouvé en 1884).

En 1770, le lac est enfin sondé par Chevalier, un ingénieur royal des Ponts et Chaussées qui utilise les méthodes de sondage les plus modernes. Il trouve 288 pieds (96 m), une profondeur considérable, et découvre les sources cachées qui l'alimentent. C'est le début de la réfutation du caractère merveilleux du lac : si le lac a un fond, ses autres attributs tombent également, y compris ces tempêtes terribles accompagnées d'éclairs et d'orages. Les événements-Pavin, passés et futurs, seront dès lors systématiquement ignorés, déniés par les savants rationalistes.

En août 1783, un changement de couleur de l'eau du lac se produit soudain : entre le matin et le soir ses eaux très transparentes passent au jaune-orangé avec un aspect de « limon glutineux », elles sont corrosives et le lac « *bouillonne de partout* ». Son témoin, le châtelain de Besse, Godivel, sans doute lié au précédent, décrit ce phénomène remarquable en détail dans un journal publié à Clermont-Ferrand. Essayant d'en analyser la cause, il invoque un phénomène profond ayant rompu l'équilibre du lac. Aujourd'hui, on peut l'interpréter comme un mélange partiel des eaux profondes (*rollover*) lors duquel le fer réduit (Fe²⁺) dissous, 100 fois plus abondant au fond, précipite à la surface, sous forme d'hydroxyde (Fe(OH)₃), provoquant un changement de couleur comme celui observé à Nyos en 1986 et rapporté à Shanklin pour d'autres lacs camerounais et qui est un bon indicateur de « mauvaise conduite ». ●●●

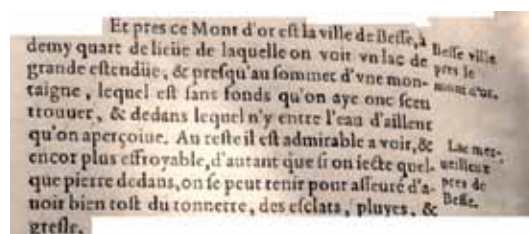


Fig. 1-13. – Première mention détaillée des « mauvaises conduites » du Pavin par Belleforest (1575). La pierre jetée et ses effets pourraient refléter la saturation en gaz du lac à sa surface. Le tonnerre, les éclairs, pluies et grêle sont signalés à un lac « sur le mont Helanus » par Grégoire de Tours (début VII^e siècle) et par Cordier pour l'événement Pavin de 1785.

●●● Ce récit, comme celui de Cordier, sera occulté par tous ses contemporains et ignoré des historiens du XX^e siècle. L'Abbé Delarbre (1724-1807), un botaniste de Clermont-Ferrand écrit, en 1805, sur la base des travaux de Chevalier, une analyse du Pavin dans laquelle il qualifie ces histoires de « *contes de bonnes femmes* » alors qu'il admet du tonnerre et décrit des grondements sous la glace. Delarbre était encore la référence des historiens et de certains scientifiques en 2009.

En septembre 1849, Lecoq lui-même assiste à une tempête soudaine avec fumées et vapeur, décrite seulement en 1871 dans son dernier ouvrage : « *La tempête qui régnait dans l'air affectait les eaux du lac.... On voyait en effet le vent chasser l'eau dans des directions différentes et de leur chaos naître de véritables tourbillons et une poussière blanche qui montait en tournant et donnait naissance à de grandes fumées courant quelquefois obliquement à la surface de l'eau, avant de s'élever et de disparaître. C'était un bien beau spectacle de voir ce lac agité et sujet à de si violentes convulsions, quand nous-mêmes à l'abri des vents sous les*

ombrages qui l'entourent et des rochers qui le dominent, nous suivions tranquillement ces grands mouvements de la masse liquide dont les vapeurs venaient baigner les fraîches corolles des végétaux qui forment sa ceinture. » Malgré cette observation, il persiste à trouver le lac normal et attribue cette soudaine tempête à l'effet du vent – pourtant très limité au Pavin protégé par son cratère.

En 1936, l'eau de surface du lac change à nouveau de couleur et de texture, devenant du soir au lendemain, une « boue spongieuse » de couleur jaune à orange avec des traces de bleu (précipitation du manganèse ?), qui colmate les grilles de sortie du lac. C'est une réplique de 1783. Une odeur de « soufre colloïdal » est notée par le témoin qui sera plus tard pharmacien clermontois (le soufre élémentaire est rencontré à un niveau précis de l'interface entre les deux couches d'eau du lac). Ce témoignage, enfin confié à deux journalistes en 1986/87 (fig. 1-14), sera pris comme un indicateur de risque à l'H₂S et aussitôt remis en cause par les hydrobiologistes du Pavin qui n'y voient qu'une pluie de pollen ou un bloom algal.



Fig. 1-14. – Les changements de couleur des lac-maars méromictiques, indices de « *rollovers* », accompagnés de dégazage partiel. Pavin en 1936.

Le témoignage tardif de Joanny, 50 ans après les faits, qui décrit un changement brusque d'aspect, de couleur et d'odeur (soufre colloïdal), n'est pas pris au sérieux par les hydrobiologistes du Pavin, sera ignoré des volcanologues et ne relancera pas la recherche historique au Pavin (Républicain Lorrain, janvier 1987).



Les lacs-maars méromictiques, des lacs pas comme les autres

Ainsi, sur plusieurs siècles, de nombreux témoignages détaillés et convergents, confirment la description de Cordier : le Pavin n'est pas un lac comme les autres. Il est sujet à des dégazages – certains soudains, violents et peu prévisibles (1551, 1632, 1785), d'autres latents (XVI-XVIII^e siècles) – et à des périodes de relative quiescence, comme les deux derniers siècles, mais pendant lesquelles des *rollovers* (1783, 1936) et des dégazages partiels (1849) sont possibles.

L'analyse de l'histoire antique et médiévale de l'Auvergne, à partir de sources religieuses – la Vie de Saint Austremoine (vivant au III^e siècle), les récits de Grégoire de Tours (VI^e siècle) – et de deux légendes

se rapportant à cette époque, nous laisse penser que le *lacus pavens* pouvait dégazer. Plusieurs mentions vont dans ce sens : la mention de « lacs du diable » en Auvergne, celle d'un culte annuel au lac sur un *mons Helanus* perturbé par une tempête soudaine et terrible avec tonnerre, éclairs et grêle (Grégoire) et enfin, vers 590, celle d'un dragon terrible qui paralyse soudain l'ermite auvergnat Caluppa (Grégoire). Dans une légende publiée en 1923, il est encore question des fées chassées au fond du Pavin par Austremoine : « *les déesses du diable, de temps à autre cherchent à s'échapper du gouffre. Alors le lac s'agite, les ondes se dressent, s'enflent, déferlent* » (fig. 1-15). ●●●

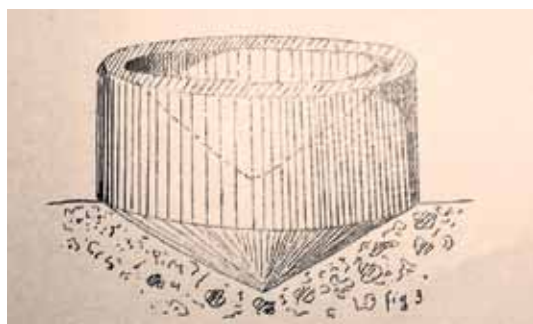


Fig. 1-15. – A) La Pierre du trésor, meule romaine de 250kg, est retirée du lac en 1909 par le maire de Besse, Reynouard. Il évoque alors une grande catastrophe ayant chassé les tailleurs de meule : un tremblement de terre ou un tsunami lacustre. B) Depuis l'Antiquité des légendes terribles courent au sujet du Pavin, où sont localisés des diables infernaux, des fées surgissantes et paralysantes, un dragon puissant. La fragmentation des sources et le caractère « merveilleux » des « mauvaises conduites » du lacus pavens ont empêché d'en voir la cohérence, totalement en accord avec la description de Cordier. (Illustrations de Maurice Busset tirées de Eusebio et Reynouard, 1925).

●●● Évidence géologique du dégazage lacustre, un domaine délicat

Le dégazage seul ne peut être repéré que par ses effets sur les populations ou sur les animaux. Lorsqu'il est accompagné de surverses des lac-maars plusieurs possibilités s'ouvrent : (i) l'analyse morphologique des bords de la cuvette lacustre, (ii) l'analyse paléolimnologique, (iii) la reconnaissance de dépôts détritiques liés aux surverses, à l'extérieur des cuvettes. Au Pavin la morphologie de l'exutoire, dessiné avec précision par Lecoq, suggère plusieurs stades de surverses (fig. 1-12). L'étude comparée récente (Chassiot *et al.* ; 2016) des carottes prises à plusieurs profondeurs dans les diatomites actuelles du Pavin, a révélé deux événements catastrophiques majeurs : le premier vers l'an 600, un glissement des sédiments, traduit par une perte de 9 m de niveau du lac, ayant généré une surverse de 4 Mm³ et élargi brutalement l'exutoire. Comment ne pas la rapprocher de l'attaque de Caluppa, un ermite auvergnat, par des dragons, recueillie par Grégoire de Tours vers 580-590 ? Cet épisode était encore considéré au XIX^e siècle par la tradition religieuse comme une manifestation évidente du Démon, même s'il a été situé dans le Cantal et non, comme nous en faisons l'hypothèse, aux Grottes de Jonas, à 12 km à l'aval du Pavin. La deuxième catastrophe, vers l'an 1300, serait due à un éboulement, consécutif à un événement tectonique régional. Dix ans avant l'étude paléolimnologique et notre étude historique du Pavin, Pierre Lavina avait découvert des dépôts détritiques dans la vallée de la Couze Pavin, avec une datation vers 1300, qu'il relia à une surverse du lac. Cette attribution fut vivement contestée et elle impliquait aussi une révision du paradigme des scientifiques de 1993 sur la tranquillité passée du Pavin.

L'historicité de la « mauvaise conduite » du Pavin a été précédée par la reconnaissance en 2003 de la matérialité de la surverse du *prodigium* d'Albano un très grand lac-maar privé de toute exutoire aérien par les géologues de Roma Tre, suite aux travaux sur

les lac-maars italiens après 1986. Le *prodigium* s'est produit en 398 avant l'ère chrétienne et les historiens classiques (Plutarque, Tite-Live) l'ont décrit en détail : le niveau du lac s'est mis à monter de 70 m en deux mois, « alors qu'il n'avait pas plu », occasionnant une surverse catastrophique menaçant Rome, au nord du lac. Les Romains ont alors creusé un tunnel de 1,5 km à travers la rive du lac, pour empêcher toute surverse ultérieure. En 2003 Funiello *et al.* ont identifié le conglomérat de Tavolato, dans la plaine de Ciampino, connu au XIX^e siècle, puis oublié, comme résultant de *lahars* produits par les surverses du lac, la dernière vers 2400 BP. Ils ont aussi repéré des anciens niveaux du lac, avec des traces d'occupation de l'âge du bronze, entre les cotes -20 et -40 m, par rapport au niveau actuel. Des textes anciens font allusion à une légende de palais englouti subitement, un motif également trouvé en Eifel pour le lac Pulver. En service jusqu'au XX^e siècle, le tunnel d'Albano est considéré comme le plus ancien dispositif de lutte contre les méfaits d'un volcan. Des dispositifs similaires, ont été trouvés au lac Nemi (monts Albains, V^e siècle av. J.C.) et au Laacher-See (Eifel, XIII^e siècle).

Les lac-maars sont donc des objets limnologiques, géologiques, historiques, religieux et culturels complexes. Le Pavin en est un excellent exemple comme le montre la remarquable description de Cordier. Malgré des périodes mal documentées, comme la période médiévale, l'historicité des dégazages passés du lac est maintenant certaine. Il appartient désormais aux scientifiques, limnologues, géologues, historiens, folkloristes, de les intégrer dans leurs recherches et aux autorités chargées des risques de prendre en compte leur réalité.

■ M. Meybeck

DR émérite, CNRS
UMR METIS, Sorbonne université (Paris 6),
Place Jussieu, 75252, Paris cedex 05