

DES CICATRICES DE PINGOS EN DEVÈS (HAUTE-LOIRE), FRANCE

Le Devès est un relief du haut Massif Central volcanique de la France, situé entre les cours supérieurs de la Loire et de l'Allier; il s'allonge sur 30 km en direction SE – NW. Transversalement, il mesure 8 – 10 km au Sud et 15 – 20 km au Nord.

Géologiquement, le Devès est formé d'un socle granitique et métamorphique supportant latéralement des sédiments oligocènes et villafranchiens; le tout recouvert d'une vaste carapace de basalte. Au Villafranchien, l'ensemble a été déformé tectoniquement et a pris une configuration anticlinale dissymétrique; sa faîtière se situant plus près de l'Allier que de la Loire (fig. 1); elle dépasse partout 1100 m d'altitude et culmine à 1423 m. Environ 150 cônes de scories parfois coalescents, larges à la base de 400 à 1000 m, hauts de 60 à 180 m bossèlent le paysage. A ces reliefs, s'opposent des creux — une douzaine — d'un diamètre moyen de 1000 m et d'une profondeur variant de 40 à plus de 100 m. Ce sont là d'anciens cratères d'explosion ou „maars” ouverts au ras du sol et ceinturés au

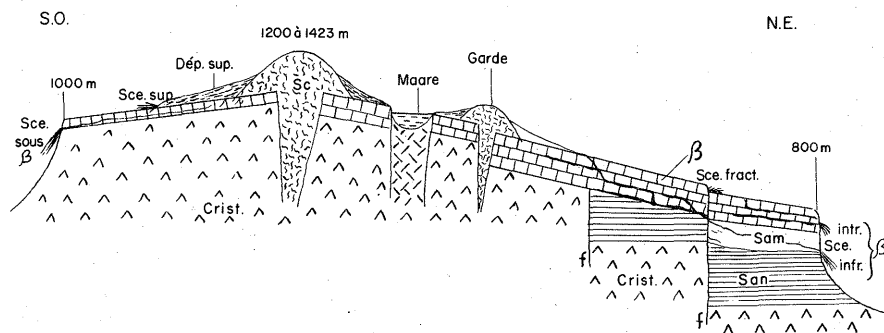


Fig. 1. Coupe géologique et hydrogéologique du plateau du Devès (P. BOUT, 1958)

Crist. — granite ou gness; San — argiles et marnes sannoisiennes; Sam — argiles et sables villafranchiens; Sc — cônes de scories; Dép. sup. — dépôts superficiels; Sce. — sources diverses: superficielle (sup), sous-basaltique (sous β), intra-basaltique (intr β), infra-basaltique (infr β), de fracture (fract), f — failles

* 27, Cottages des Paulines, 63 000 Clermont-Ferrand, France.

moins partiellement par une brèche de projections où se retrouvent confondus, le cristallin du socle, les débris du basalte sous-jacent et des couches de projections. Il est important de noter que les „maars” se situent toujours en position haute, à proximité immédiate de la ligne de partage des eaux (fig. 2). Nous avons justifié cette localisation (BOUT, 1978). La déformation anticlinale du Devès s'est répercutée dans la chambre magmatique sous-jacente; le gaz inclus dans les laves se sont accumulés sous la clef de voûte du relief et l'ont fait sauter par places lorsque leur pression est devenue suffisante. Au contraire, les petites dépressions qui font l'objet de cet article s'emplacent loin du faite du Devès. A l'Est, elles atteignent l'extrémité septentrionale du bassin du Puy. A l'Ouest, elles se situent dans le prolongement méridionale du bassin de Paulhaguet (fig. 2); dans les deux cas, le basalte qu'elles perforent recouvre des sédiments argileux, marneux ou sableux.

DEPRESSIONS CIRCULAIRES DANS LE REVÊTEMENT BASALTIQUE DE LA FRACTION SEPTENTRIONALE DU BASSIN DU PUY

Négligées jusqu'ici car elles n'apparaissent point sur les cartes au 1 : 80.000 et 1 : 50.000, ce sont les feuilles au 1 : 25.000 Le Puy n° 3-4, 5-6 et 7-8 qui les révèlent. Le tableau I en donne la liste; la carte (fig. 2) indique leur emplacement.

Les dépressions du précédent tableau prêtent aux remarques suivantes:

(a) Si leur contour est régulièrement circulaire comme celui des maars du Devès, elles diffèrent de ces derniers par leur diamètre en moyenne 5 fois plus petit;

(b) Comme les maars, les dépressions s'ouvrent au ras du plateau mais leur dénivellation n'excède pas 2 ou 3 mètres, parfois moins. Il s'agit donc de cuvettes de faible profondeur, envahies d'ailleurs sauf sur quelques mètres à leur périphérie, d'une végétation uniforme de monocotylédones aquatiques — des carex;

Tableau I

Traits caractéristiques des dépressions du côté est de la faîtière du Devès

Localités	Coordonnées	Altitude	Diamètre	Terrains sous-jacents
St. Paulien N	716,2-315,1	825 m	250 m	Granite et marnes
St. Paulien S	716-314,7	825	150	Granite et marnes
Marminhac	717-312,05	801	250	Marnes et graviers
La Gimberte	714-311,5	790	200	Marnes et sables
Collange	709,5-310,1	894	200	Granites ou marnes
Freycenet N	713,5-310	824	190	Marnes et graviers
Freycenet S	712,55-309,8	824	110	Marnes et graviers

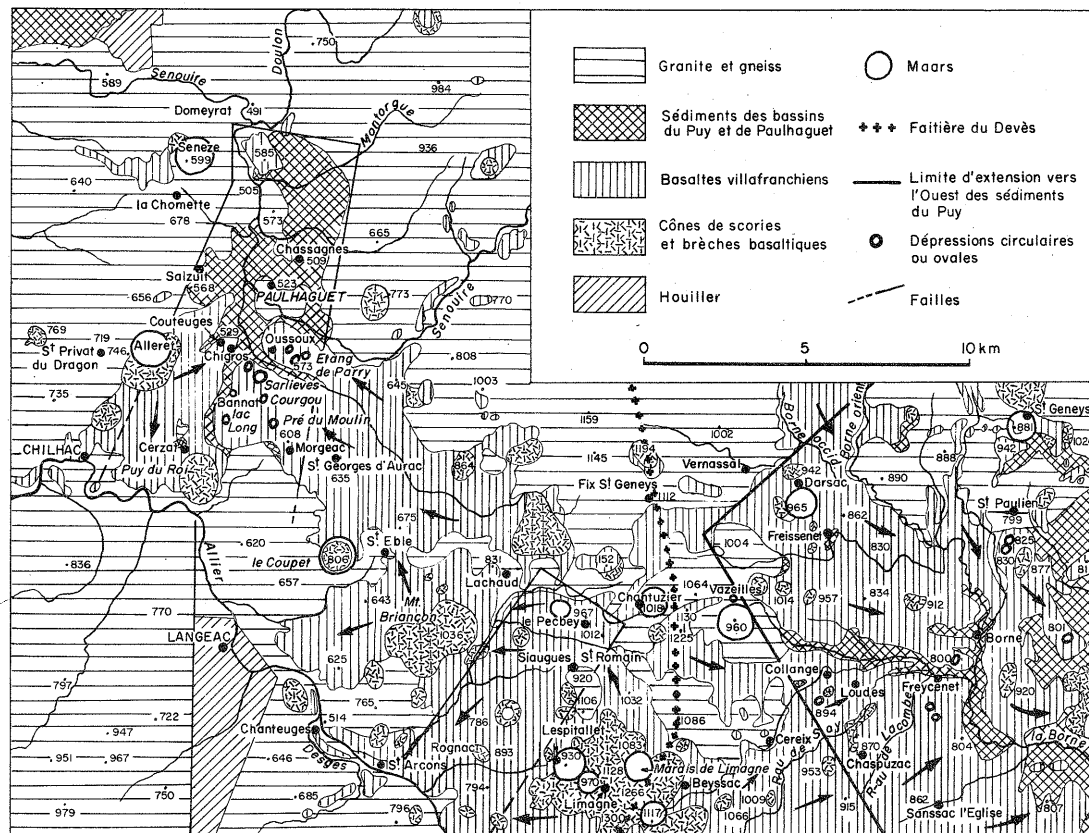


Fig. 2. Maars et dépressions circulaires

On voit que les petites dépressions se situent à l'Est et à l'Ouest de la faîtière du Devès près de laquelle se rassemblent les maars. Les flèches indiquent le sens d'écoulement des laves basaltiques

(c) Aucune des 7 dépressions mentionnées ne possède d'exutoire naturel. Sauf une, le petit lac de Saint-Paulien, elles ont fait l'objet de drainage. Les tranchées persistent peu profondes et brèves car dirigées vers les vallées proches. Leur entretien est maintenant abandonné. La berge sèche périphérique n'en demeure pas moins (photos 4, 5);

(d) Hormis les modifications topographiques liées à l'utilisation humaine (champs, pacages) et qui se traduisent par la présence de murettes ou de rideaux de culture, à la périphérie des dépressions, rien n'y révèle l'existence de talus pouvant correspondre à d'anciennes brèches d'explosion;

(e) Par contre dans les terres labourées contiguës où les fragments de basalte émoussés abondent, on trouve à Marminhac des graviers quartzeux anguleux de 2 à 3 cm de plus grande dimension. A Saint-Paulien et à la Gimberte, ce sont des fragments de granite très oxydés de 3 à 4 cm ou plus petits. Des arkoses sont reconnaissables à la périphérie du „grand lac” de Saint-Paulien. A la Gimberte, nous avons recueilli également des cailloux de quartz filonien. Nulle part, ces divers témoins sont abondants en revanche la terre noire, humifère des champs périphériques est souvent mélangée d'arène granitique et de sable fin. Par contre autour de la dépression de la Collange, proche du cône de scories 917, dans la terre rougeâtre des champs labourés, on ne relève aucun indice de la nature des terrains sous-basaltiques.

DEPRESSIONS DANS LE REVÊTEMENT BASALTIQUE DE LA FRACTION MERIDIONALE DU BASSIN DE PAULHAGUET

De l'autre côté du Devès, c'est-à-dire à l'Ouest mais en position un peu plus septentrionale que l'extrémité nord du bassin du Puy, les dépressions sont partout ovalaires (tab. II). Le basalte qu'elles affectent recouvre des sables à mastodontes villafranchiens. Associés à des argiles, ces sables épais de 15 à 20 m recèlent une nappe phréatique (BOUT, 1960, p. 94).

Tableau II

Traits caractéristiques des dépressions du côté ouest de la faïtière du Devès

Localités	Coordonnées	Altitude	Dimensions	Terrains sous-jacents
Lac d'Oussoulx	692,95—321,85	565 m	100/200 m	Sables et argiles
Etang de Parry W	693,3—321,35	567	200/275	” ” ”
Etang de Parry E	692,35—320,7	569	125	” ” ”
Chigros	692,35—320,7	585	250/350	” ” ”
Sarlièves	692,5—320	585	325/500	” ” ”
Lac Courgou	692,85—319,15	595	225/375	” ” ”
Pré du Moulin	693,15—318,6	598	125/175	” ” ”
Lac Long	691,5—318,8	579	100/175	” ” ”
Etang Neuf	991,3—319,2	580	175/375	” ” ”



Photo 1. Palse en voie de régression à Sivertbukt, bordure sud du Varangerfjord (Norvège)

Photo prise en juillet 1966 (cf. BOUT et GODARD, 1973). Le palse en forme de dôme (moitié droite) est entouré par deux zones déprimées avec des palges d'eau libre. Un talus motteux gazonné sépare les deux zones affaissées



Photo 2. Cratère d'explosion de Costaros (Devès)

Diamètre: 750 m, profondeur: 30 à 50 m. Noter les talus périphériques très inclinés pour se raccorder au fond plat. Age Villafranchien

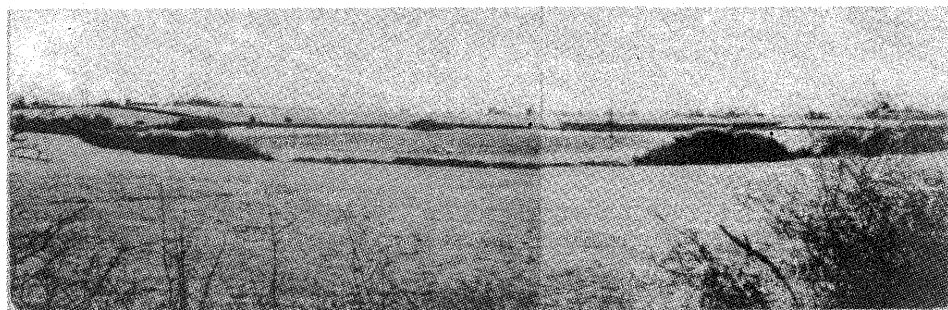


Photo. 3. Cicatrice de pingo de la Pénide (Haute-Loire): 250 × 300 m

Noter la différence morphologique — comblement au ras du bord — avec la Photo 2. La Pénide est une localité de la périphérie du Cézallier — vaste plateau basaltique comme le Devès et l'Aubrac



Photo 4. Dépression de Freycenet Nord. Cicatrice de pingo

Diamètre: 190 m. Replat périphérique interne. Végétation intérieure aquatique



Photo 5. Dépression de Freycenet Sud. Cicatrice de pingo

Diamètre: 110 m. Des saules bordent la zone centrale demeurée humide. Comparer avec la Photo 3. Aux dimensions près, l'aspect d'ensemble est identique

Le Lac d'Oussoulx aujourd'hui complètement asséché est occupé en prairie. 500 m au Sud-Est se déprime l'étang de Parry formé en réalité de deux dépressions séparées par une bande de terrain légèrement surélevée. La plus grande sert actuellement de pacage. La plus petite, à peu près circulaire, reste motteuse en son centre. Elle est nantie d'un drain raccordé à celui qui assèche le précédent pacage. L'une et l'autre des deux dépressions sont bordées au Nord et à l'Ouest par une importante „levée de terre” (feuille au 1 : 25.000 Brioude 7—8) haute de 3 à 4 m et large de 5 à 8 m envahie par une végétation buissonnante. On y voit d'abondants témoins de basalte. Etant donnée son importance, car elle se poursuit sur 750 m et son inutilité apparente car elle sépare les deux précédentes dépressions d'une prairie à peine surélevée il est permis de penser que cette levée ne doit rien à l'homme. De sa base vers les deux cuvettes, le terrain s'abaisse par une banquette qu'interrompt un talus. Les deux dépressions sont creusées dans le basalte à nodules de périclase. En marge, là où le sol apparaît, il inclut des cailloux de quartz de petite dimension mais pas de projections.

La dépression de *Chigros* est de forme ovale et également bordée au Nord par une levée (Brioude 7—8) et à l'Ouest par un talus (Langeac 3—4). Cette cuvette au total actuellement bien cernée est tout entière récupérée par la culture. Un drain maçonné profond de 3 à 5 m l'a complètement asséchée. Dans les traînées de sol humifère de la terre des champs on recueille de nombreux cailloux de quartz. Le basalte altéré rejeté en bordure dans les tas d'épierrement est de teinte bleue avec cristaux d'augite. Dans les mêmes accumulations nous avons reconnu des blocs gneissiques.

Sarliès est une dépression ovale, avec un drain axial, actuellement utilisée pour le pacage du bétail.

Le *lac Courgou* est aussi de forme ovalaire. Un talus la borde à l'Ouest (Langeac 3—4). Il est bien délimité sur tout son pourtour. Par places, une banquette domine d'environ 1 m le fond encore humide, malgré la présence dans l'axe d'un large drain maçonné mais en voie d'abandon. La cuvette n'en est pas moins pour une grande part occupée en prairie et même à la périphérie nord, par des terres labourées dont le sol noir à la fois très humifère et argileux, est riche en fragments de basalte et en quartz; ces derniers abondants, anguleux, atteignant 5 à 6 cm et davantage.

A 250 m au Sud-Est se situe le *pré du Moulin*. En son centre persiste un oeil d'eau libre entouré de touffes de joncs et cela malgré un drain maçonné large de 1,50 m et profond d'eau moins 2 m, ouvert en direction du lac Courgou. A la périphérie du pré du Moulin, le sol partout gazonné empêche toute constatation pétrographique. On sait pourtant qu'il s'ouvre dans le basalte que tranche tout à côté la voie ferrée du Puy à Saint-Georges d'Aurac.

Le *lac Long* est entièrement récupéré par l'utilisation humaine. Une prairie humide occupe sa partie la plus déprimée. Un ruisseau temporaire lui sert d'exutoire vers le Sud-Est alors qu'au Nord-Ouest persiste une profonde

tranchée non entretenue le reliant à l'Etang neuf autre dépression étranglée à l'aval, avec des prairies en position centrale et des champs sur les bordures plus sèches, où les quartz sont abondants.

En résumé, les nombreuses dépressions du bassin de Paulhaguet — 10 dans une aire de $2,5 \times 3,5$ km — sont très généralement ovales et d'une dimension un peu supérieure à celles de la partie septentrionale du bassin du Puy. Comme ces dernières, elles ont toutes fait l'objet de drainages et si leur assèchement est plus poussé, on n'en a pas moins la preuve qu'elles étaient dépourvues d'exutoires naturels. Sur leur marge, on trouve également d'abondants cailloux de quartz anguleux et à l'occasion des témoins du socle cristallin. Des levées de terre plus probablement naturelles qu'artificielles se montrent à la périphérie des dépressions de Parry et de Chigros alors qu'il n'en est point de reconnaissables autour des cuvettes du bassin du Puy. Le grand axe des dépressions ovalaires du bassin de Paulhaguet est orienté NE pour les plus septentrionales. Les plus méridionales s'allongent plutôt vers le Nord mais dans un cas comme dans l'autre, selon la pente du terrain.

Au total, qu'elles soient du Puy ou de Paulhaguet, les dépressions qui viennent d'être décrites offrent les caractères communs suivants:

1. Elles sont toutes de forme géométrique circulaire ou ovale.
2. Elles s'ouvrent toutes au ras du plateau et sur faible pente.
3. Toutes dépourvues d'un exutoire naturel, elles ont fait l'objet de drainage probablement lors des périodes de grand peuplement.
4. Elles sont pourvues d'un large replat périphérique interne qu'un talus haut de quelques décimètres raccorde à leur portion centrale, humidifiée saisonnièrement.
5. Nulle part, il n'existe de brèche d'explosion à extérieur des dépressions. Le sol n'y contient que des fragments de basalte, de granite ou de gneiss du socle et des cailloux quartzeux issus des migmatites oillées ou des sédiments sous-jacents au basalte.
6. Sauf dans le bassin de Paulhaguet, aucun relief périphérique ne peut être assimilé à un rempart.

PROBLEMES DE GENESE

L'hypothèse karstique doit être éliminée d'emblée. Le basalte est une roche insoluble. Toujours de forme géométrique et de faible profondeur constante, nos dépressions ne suggèrent aucun rapprochement valable avec des dolines. Quant aux sédiments sous-jacents aux basaltes: argiles, sables, horizontaux ou à faible pente, on peut difficilement leur attribuer des actions de soutirage ou de succion aboutissant inévitablement à des figures aussi régulières.

Nous ne sommes point en terrain calcaire mais en territoire volcanique dans lequel s'ouvrent au surplus d'autres dépressions: les maars (photo 3) dont nous avons plus haut justifié la genèse et l'emplacement. C'est par rapprochement ou par différence avec les maars qu'il faut rechercher une solution pour nos petites dépressions.

Il y a ressemblance dans la mesure où maars et petites dépressions se présentent toujours sous la forme d'ouvertures à contour géométrique ouvertes au ras du plateau. Toutefois ainsi qu'il a été dit les dimensions sont très différentes. Le diamètre et plus encore la profondeur des petites dépressions sont bien plus faibles que ceux des maars (comparer la photo 3 et les photos 4, 5).

Une banquette périphérique interne court autour des petites dépressions (photos 4, 5); elle manque autour des maars dont les talus bordiers sont abrupts (photo 3). Des couronnes externes de projections (brèche d'explosion) ne figurent qu'à la périphérie des maars.

Les petites dépressions sont dépourvues d'exutoire naturel mais pour autant ne recèlent pas de lac permanent comme certains maars. Les drainages effectués ont suffi à les assécher à peu près complètement ce qui prouve qu'elles étaient initialement peu profondes.

Une différence importante réside dans le fait que les grandes dépressions sont en position axiale sur le Devès alors que les petites sont localisées à la périphérie, à la verticale des bassins. Les premières ne traversent que granites ou gneiss et basalte; pour les secondes, entre le cristallin et le basalte s'intercalent des sédiments: marnes, argiles, sables.

Ce qui précède suffit-il à exclure l'hypothèse d'une genèse volcanique de nos petites dépressions? Ne résulteraient-elles pas du jaillissement d'énormes gerbes de vapeur d'eau, engendrées à quelque profondeur sous la surface, par la vaporisation d'une nappe phréatique au contact de laves chaudes? Ce qu'on connaît dans le genre est différent. Il s'agit soit de pustules de lave soulevées puis affaissées comme au lac Myvatn en Islande, ou encore de petits cônes de lave scoriacée édifiés à la surface d'une coulée par l'eau surchauffée d'un marécage en contact avec un magma qui s'épanche. De tels aspects sont connus en Auvergne à la surface de la coulée du Tartaret près du lac Chambon (monts Dore). Mais dans ces divers cas pustules ou monticules n'ont que quelques mètres de hauteur et de diamètre, sont nombreux et densément rassemblés ce qui n'est pas les cas des dépressions périphériques du Devès. Au surplus, aucun de ces dernières n'affecte une forme en entonnoir ou en cône. L'image la plus ressemblante que l'on en puisse donner est celle d'une assiette plate ou d'un plat ovale.

Notre point de vue est donc que les dépressions des deux bords du Devès ne doivent au volcanisme que le basalte qu'elles perforent et rien d'autre. Ce ne sont point explosions qui les ont ouvertes. Leur genèse relève probablement des mêmes mécanismes qui sont à l'origine des pingos actuels dans les régions septentrionales de notre globe: Alaska, Barren Grounds, Groënland. Le froid

intense n'a pas manqué puisque tout le haut Massif Central fut englacé (VEYRET, 1978) lors du dernier glaciaire. L'alimentation en eau, en circuit ouvert, la plus favorable à la formation de ces dômes de glace que sont les pingos (JOURNAUX, 1969) était réalisée au mieux par le système hydrogéologique du Devès (fig. 1). Les émergences verticales qu'il comporte à l'écart de son axe alimentent encore de nos jours nombre de bourgs du Devès en eau potable.

Les pingos ont pu se développer en hauteur et plus encore en diamètre grâce aux eaux intra ou sous-basaltiques venues alimenter en surface la ségrégation de la glace; celle-ci pouvant profiter des diaclases séparant les prismes, les plaques ou les dalles de basalte pour disloquer la roche volcanique, la broyer (BOUT, 1982). Ainsi des dômes ou des coupoles de glace ont pu se faire jour en s'enracinant jusqu'aux griffons des sources et en s'insinuant latéralement sous les coulées ou entre elles, soulevant le sol et les débris rocheux rejetés progressivement vers la périphérie. Lorsque le réchauffement est survenu, les pingos ont rétrocedé selon un processus que les photos 1 et 2 évoquent avec suffisamment de clarté. Une dépression de faible profondeur a persisté sur l'emplacement de la coupole de glace. La banquette périphérique toujours présente correspond à l'affaissement puis, avec le temps, au nivellement des anciens remparts.

En résumé, les critères que nous avons retenus pour distinguer en un territoire volcanique les cicatrices de pingos des cratères d'explosion sont pour les premières, des dimensions et des profondeurs nettement plus faibles, la présence constante d'une banquette interne périphérique, la localisation sur pente faible à l'écart des sommets: l'ensemble dans une ambiance périglaciaire rigoureuse et une hydrogéologie particulièrement favorable.

CONCLUSIONS

Les cicatrices de pingos en Devès ne doivent pas surprendre. ROUSSET (1964) a décrit de telles formes dans l'Aubrac, autre plateau à couverture basaltique du haut Massif Central français et dont la ligne de faite n'est séparée de celle du Devès que par 80 km. Les cicatrices de l'Aubrac sont plus nombreuses mais aussi plus petites que celles du Devès puisqu'elles ne dépassent pas 20 m de diamètre. Elle se montrent uniquement à la surface du basalte, sont de forme ovalaire et ont fait, elles aussi, l'objet de tentatives de drainage.

Mais il existe une différence importante entre les deux massifs. Au dernier glaciaire, l'Aubrac a été recouvert d'une calotte de glace épaisse de 160 à 200 m (VEYRET, 1981) alors que le Devès d'altitude moyenne inférieure et en position plus continentale n'a pas été glacié. Des pingos ont donc pu se développer sur ce dernier et se nourrir longuement alors que sur l'Aubrac, ils devaient pour apparaître, attendre la fusion et le recul de la chappe de glace vers les sommets. Les conditions hydrographiques semblent avoir été aussi moins favorables. Il

n'est point de sédiments de quelque importance entre le socle cristallin de l'Aubrac et ses hautes tables de basalte.

Par ailleurs, la présence de cicatrices de pingos a été signalée en beaucoup de pays européens: en Belgique (PISSART, 1963), au Pays de Galles (WATSON, 1971), en Hollande, en Europe centrale (WIEGANG, 1965), en Pologne (DYLIK, 1963, 1965), au Danemark (CAILLEUX, 1957). CAILLEUX (1956) suggère en outre que les mares ou mardelles du Jura, du bassin de Paris, du Bordelais ont même origine.

A propos des maars de l'Aubrac, nous nous sommes borné à évoquer le dernier glaciaire, dont les témoins demeurent de nos jours pleins de fraîcheur dans tout le Massif Central français. Pourtant, rien n'exclut que lors de périodes plus anciennes, des pingos aient pu s'installer dans des régions qui ne semblent pas avoir été glaciées et où l'on reconnaît, comme en Haute-Loire, du Périglaciaire à différentes époques du Quaternaire (BOUT, 1957, 1975). Rien n'oblige donc à attribuer au Würm, les cicatrices de pingos du Devès. C'est à dessein que nous avons précisé le faciès de certains basaltes où elles s'ouvrent car on en connaît la chronologie (BOUT, 1978). Chacun de ces faciès constitue, donc pour nos petites dépressions une limite chronologique antérieure. Toutefois à cause de leur état de conservation fort analogue, on hésite à les séparer dans le temps. Du même coup, on reconnaît leur indépendance vis-à-vis des éruptions dont sont issus les différents basaltes qu'elles affectent.

Bibliographie

- BOUT, P., 1957 — Actions périglaciaires en Velay au Quaternaire. *Biuletyn Peryglacjalny*, 5; p. 161 — 173.
- BOUT, P., 1958 — Enquête géologique et hydrogéologique en Haute-Loire. *Bull. Inst. national d'Hygiène*, 13; p. 1086 — 1186.
- BOUT, P., 1960 — Le Villafranchien du Velay et du bassin hydrographique moyen et supérieur de l'Allier. Thèse, Paris.
- BOUT, P., 1975 — Le périglaciaire du Massif Central de la France. *Biuletyn Peryglacjalny*, 24; p. 187 — 210.
- BOUT, P., 1978 — Problèmes du volcanisme en Auvergne et Velay. Impr. Watel, Brioude (Haute-Loire); 326 p.
- BOUT, P., 1982 — Action du gel intense sur les basaltes. *Biuletyn Peryglacjalny*, 29; p. 5 — 12.
- BOUT, P., GODARD, A., 1973 — Quelques aspects du modelé périglaciaire en Scandinavie du Nord. Problèmes de genèse. Comparaison. *Biuletyn Peryglacjalny*, 22; p. 49 — 79.
- CAILLEUX, A., 1956 — Mares, mardelles et pingos. *C.R. Acad. Sci.*, 242; p. 1912 — 1914.
- CAILLEUX, A., 1957 — Les mares du Sud-Est du Sjaelland (Danemark). *C.R. Acad. Sci.*, 245; p. 1074 — 1076.
- DYLIK, J., 1963 — Traces of thermokarst in the Pleistocene sediments of Poland. *Bull. Soc. Sci. Lettr. Łódź*, 14, 2; 16 p.
- DYLIK, J., 1965 — L'étude de la dynamique d'évolution des dépressions fermées à Józefów aux environs de Łódź. *Rev. de Géomorph. Dyn.*, 14.
- JOURNAUX, A., 1969 — Phénomènes périglaciaires dans le Nord de l'Alaska et du Yukon. *Bull. Assoc. Géogr. Franc.*, 368 — 369; p. 337 — 350.

- PISSART, A., 1963 — Les traces de pingos du Pays de Galles et du plateau des Hautes-Fagnes (Belgique). *Ztschr. f. Geomorph.*, 7; p. 147—165.
- ROUSSET, Cl., 1964 — Sur l'origine périglaciaire de petits lacs du massif d'Aubrac. *Bull. Soc. Géol. France*, 6; p. 375—381.
- VEYRET, Y., 1981 — Les modelés et formations d'origine glaciaire dans le Massif Central français: Problèmes de distribution et de limites dans un milieu de moyenne montagne. Thèse, Paris; 783 p.
- WATSON, E., 1971 — Remains of pingos in Wales and the Isle of Man. *Geol. Jour.*, 7; p. 381—392.
- WIEGAND, G., 1965 — Fossil pingos in Mitteleuropa. *Wörzb. geogr. Arb.*, 16; 152 p.