

Si la classe est holoédrique, les molécules d'eau occupent des positions particulières.

Ainsi que le montre la densité, la structure de la shattuckite est plus compacte que celle de la planchéite. C'est ce fait qui est la cause de la différence entre les propriétés optiques de ces deux minéraux.

En terminant ce travail, nous tenons à remercier le Fonds National de la Recherche Scientifique pour le mandat d'Associé qu'il nous a conféré.

(Université de Liège. Laboratoire de Cristallographie et Minéralogie).

BIBLIOGRAPHIE

1. F. ZAMBONINI. — *C. R. Acad. Sc. Paris*, 166 (1918), p. 496.
2. W. T. SCHALLER. — *Journ. Wash. Acad. Sc.*, 5 (1915), p. 7.
Journ. Wash. Acad. Sc., 9 (1919), p. 131.
3. A. SCHOEP. — *Bull. Soc. Franc. Ménéral*, 53 (1930), p. 375.
4. A. LACROIX. — *C. R. Acad. Sc. Paris*, 146 (1908), p. 722.
5. H. BUTTGENBACH. — *Mém. Acad. royale de Belgique* (Cl. des Sciences), t. VII (1923).
6. A. SCHOEP. — *Ann. Soc. Géol. Belg.*, 48 (1925), p. 178.
7. V. BILLET. — *Verhan. Vlaam. Acad. Belg.* IV (1942), n° 1.
8. E. S. LARSEN et H. BERMAN. — The microscopique determination of the nonopaque minerals. U. S. Geol. Surv., 1934.
9. A. N. WINCHELL. — *Elements of optical mineralogy*. Wiley, 4^e édition.
10. H. BUTTGENBACH. — *Les minéraux de Belgique et du Congo belge*, Vaillant-Carmane, 1947.

L'origine périglaciaire des viviers des Hautes Fagnes

par A. PISSART

Résumé. — *Les dépressions plus ou moins circulaires et entourées d'une levée de terre qui sont appelées « vivier », sur le plateau des Hautes Fagnes et de la Baraque de Fraiture, n'avaient pas été complètement expliquées jusqu'à présent. L'étude de ces formes et de leur répartition montre qu'il s'agit de traces de collines dénommées « pingos » qui sont apparues par ségrégation de glace dans les couches supérieures du sol sous un climat périglaciaire.*

M. le Professeur Macar de l'Université de Liège nous a constamment dirigé et encouragé au cours de ce travail. Nous le prions de trouver ici l'expression de notre gratitude.

Nous remercions aussi M. Delmelle, vice-président de la Société Royale Belge de Géographie, à la bienveillance de qui nous devons d'avoir entrepris en 1954 cette étude à l'I. G. M.

Sur le plateau des Hautes Fagnes et de la Baraque de Fraiture, on appelle « viviers », des dépressions plus ou moins circulaires entourées d'une levée de terre. Les dimensions en sont fort variables : la longueur du plus grand axe est le plus souvent comprise entre 15 et 150 m, mais elle peut dépasser 200 m. La hauteur extérieure du rempart est en général supérieure à 2 m et atteint parfois plus de 5 m comme c'est le cas près de Hanheister. Comme les dépressions sont remplies de tourbe, leur profondeur ne peut être appréciée. Signalons cependant que l'épaisseur maximum de tourbe du vivier Fredericq qui a des dimensions relativement petites (32 x 34 m) atteint 2,30 m ⁽¹⁾.

(1) R. et M. BOUILLENNE avec la collaboration de Mlle S. DEFOSSÉS, MM. l'abbé Ch. DUBOIS, J. DAMBLON et A. WILLAM. — Les viviers du plateau de la Baraque Michel, dans *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*, n° 12, 1937, p. 411, fig. 3.

ENCODÉ

15 DEC. 1988

Les formes les plus caractéristiques sont parfaitement circulaires (fig. 1 et 6). Cependant, lorsque la pente est accentuée, elles s'allongent souvent en un ovale dont le plus grand axe est



FIG. 1. — Vivier parfaitement circulaire près de Mutzenich. L'ouverture semble humaine car la levée de terre est surélevée à proximité (déblais).

parallèle à la ligne de plus grande pente. A côté de ces formes circulaires et ovales, il en est d'autres ayant des allures plus irrégulières ; cependant, elles esquissent toujours des contours fermés. Sur les pentes, la disposition la plus fréquente est la forme en fer à cheval : la hauteur du rempart diminue progressi-



FIG. 2. — Vue de profil d'un vivier dont la hauteur du bourrelet diminue progressivement vers l'amont. Fagne de Bellecroix, près de la source de la Sawe.

vement et disparaît vers l'amont (nombreux exemples dans la fagne de Belle-Croix, fig. 3 et 4). Signalons encore que la diversité des formes est grande et que, sur des pentes semblables, le bourrelet quoique peu élevé se retrouve également à l'amont (viviers de la Baraque de Fraiture).

Les parois des viviers bien conservés présentent nettement une courbe concave vers l'intérieur et convexe à l'extérieur (fig. 5a). Cependant leur allure n'est pas toujours aussi simple et nous avons observé plusieurs fois un ressaut sur la

paroi (fig. 5b) et même un véritable dédoublement de celle-ci (fig. 5c).

Il existe généralement à l'aval une ouverture qui permet l'écoulement de l'eau. Cette ouverture n'apparaît cependant pas partout et notamment pour des viviers du bassin de la Helle (Geitzbusch).



FIG. 3. — Vue du même vivier. Photo prise d'amont.

Nous avons étendu l'étude de ces formes à tout le plateau des Hautes Fagnes et au plateau des Tailles. Nous avons localisé les régions recouvertes par ces formes en examinant les photos



FIG. 4. — Ouverture aval du même vivier. Photo prise de l'extérieur.

aériennes appartenant à l'Institut Géographique Militaire. A l'intérieur des plantations de conifères que nous n'avons pu limiter avec certitude les zones caractéristiques. De toute façon, il n'est pas possible de tracer une limite nette séparant les zones à viviers des régions voisines. En effet, en dehors de ces zones

caractéristiques, les formes s'estompent et sont prolongées par des irrégularités de relief mal définies qui nous semblent être des traces d'anciens viviers.

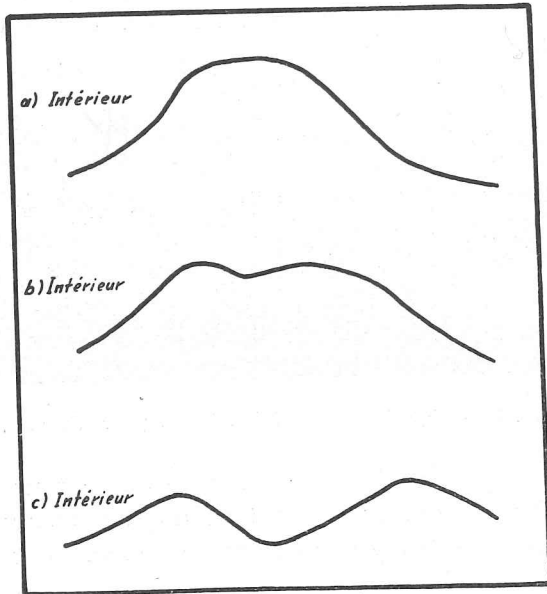


FIG. 5. — Profil des remparts.

L'étude de la répartition des viviers d'après la carte ci-après (fig. 8) permet plusieurs constatations.

1. Les viviers reconnus sont très nombreux puisqu'ils se situent dans une zone dont la superficie peut être évaluée à 2500 Ha.
2. Ils sont localisés sur de faibles pentes et parfois sur le sommet horizontal du plateau (Malchamps, Hanheister), mais toujours en des endroits où le drainage est difficile.
3. Sur le plateau des Hautes Fagnes comme sur le plateau des Tailles, ils sont toujours situés à une altitude supérieure à 500 m (550 m pour le plus grand nombre).

Il est permis de croire que les viviers sont et ont été encore plus nombreux que nous ne l'observons actuellement. En effet, les viviers se prolongent certainement sous la tourbe en plusieurs endroits comme par exemple près de Hanheister à l'endroit du



↑
Nord.

FIG. 6. — Cours supérieur de la Gétz-Bach. Les viviers sont parfaitement conservés au sud de la grand-route où la pente est la plus faible. Des canaux de drainage récents collectent les eaux d'un grand nombre de ces viviers (le nord est à gauche de la figure).

Königliches Torf-Moor. D'autre part le ruissellement et les mouvements de transport en masse ont attaqué les viviers et la végétation actuelle achève souvent de les dissimuler (par exemple dans le cours supérieur de la Getz-Bach).

* * *

L'origine de ces viviers a été controversée. « On a inventé selon la fantaisie du moment des origines diverses : abreuvoirs, viviers de pisciculture, réservoirs d'eau, lavage d'or, carrières, habitations de palaffites ou cités lacustres, terramares, pièges à gros gibiers, dépressions d'origine volcanique » (2).

Mais aucune de ces hypothèses n'a été étayée d'arguments tels que le problème de leur origine puisse être considéré comme résolu. La seule étude importante entreprise jusqu'à ce jour, a été dirigée par R. et M. Bouillenne (3). Les résultats furent remarquables.

Ils ont mis à jour à l'intérieur du vivier Fredericq des restes de constructions sur pilotis. Cette découverte a été confirmée par l'exploration de quatre viviers en des endroits différents de la Fagne (4).

Des analyses polliniques de la tourbe du vivier Fredericq ont permis de préciser que la dépression existait déjà à l'époque préboréale.

Les auteurs ont conclu qu'ils ne connaissaient pas de phénomènes naturels capables de créer des dépressions semblables. Par conséquent « il a fallu une société humaine importante et organisée pour déplacer tant de milliers de m³ de terre et de pierres et les façonner en remparts circulaires à l'intérieur desquels elle a élevé sur pilotis des constructions en bois de facture extrêmement primitive » (5).

Si l'on admet cette hypothèse, il reste encore à expliquer pourquoi ces ouvrages sont tous à une altitude supérieure à 500 m.

(2) *Op. cit.*, p. 405.

(3) *Op. cit.*

(4) *Idem*, p. 413 « Nous y avons retrouvé les mêmes restes de constructions en bois que ceux décrits dans ce chapitre ».

(5) *Idem*, p. 413.

D'autre part, si l'on parcourt les centaines d'hectares qui sont recouverts de viviers quasi contigus, en observant les blocs énormes de quartzite revinien qui ont été déplacés, en évaluant les milliers de mètres cubes de terre qui ont été transportés, on se demande, si une société humaine de l'âge de la pierre aussi importante et organisée qu'elle fut, était à même d'accomplir un pareil travail.

La disproportion entre le travail effectué et les moyens qui ont pu être mis en œuvre, nous a paru si grande que nous nous sommes demandé s'il n'existe vraiment aucun phénomène capable d'édifier des formes semblables.

Les progrès réalisés dans l'étude des phénomènes périglaciaires et le fait qu'un travail récent a confirmé l'origine solifluidale des coulées pierreuses du plateau de la Baraque Michel ⁽⁶⁾, incitaient à repenser le problème sous un angle nouveau.

* * *

Une des conclusions les plus intéressantes du travail de R. et M. Bouillenne a été de montrer par des analyses polliniques que ces viviers existaient déjà à l'époque préboréale, c'est-à-dire à la fin de la dernière glaciation. D'autre part, nous savons que des phénomènes de solifluxion important se sont exercés sur le haut plateau pendant les périodes glaciaires. Ces phénomènes n'auraient pas manqué de détruire, ou tout au moins d'altérer beaucoup les viviers que nous retrouvons si parfaitement aujourd'hui. Il faut donc admettre que les formes les plus remarquables au moins ont été édifiées à la fin de la dernière glaciation.

Pendant ces périodes froides du Würmien, un climat périglaciaire s'est étendu sur tout notre pays et l'érosion normale a été remplacée par un système d'érosion particulier dont le moteur est l'alternance gel-dégel.

De nombreux auteurs ont décrit comment, dans les zones périglaciaires actuelles, en Alaska comme en Sibérie, des blocs de glace apparaissaient à faible profondeur et grandissaient en constituant de véritables collines dénommées « pingos ». Après la fusion du noyau de glace, il reste une dépression entourée d'un

⁽⁶⁾ A. PISSART. — Les coulées pierreuses du plateau des Hautes Fagnes, dans *Ann. Soc. Géol. de Belgique*, t. LXXVI, pp. 203-219, 1953.

rempart qui est semblable aux viviers que nous avons décrits. Nous pensons que les viviers du plateau des Hautes Fagnes et de la Baraque de Fraiture ont une origine naturelle et ne sont rien d'autre que des cicatrices laissées par des pingos wurmiens.

Pour démontrer cette hypothèse, nous décrirons tout d'abord comment se présentent les pingos actuels (7) et nous comparerons ensuite les viviers de la Fagne avec les traces laissées par ces formes en Alaska et en Sibérie.

Des noms très divers ont été donnés aux pingos. Ce nom esquimau retenu par des auteurs américains (Porsild, 1938 et Washburn, 1950) a été adopté par la commission du périglaciaire de U. G. I.

D'un auteur à l'autre, la taille moyenne des pingos est variable. Muller (1945) en a observé un de 100 m de hauteur et 1000 m de diamètre ; Leffingwel (1919) a mesuré un autre de 76 m de hauteur et 30 à 60 m de longueur, il y a aussi des formes plus petites de 2 à 4 m de haut et de 3 à 5 m de long.

Tous les pingos (8) observés se trouvaient dans la zone de sous-sol continuellement gelé. Smith (1913) et Muller (1945) ont noté en plus qu'ils se localisaient toujours dans des régions de drainage difficile.

Extérieurement les pingos apparaissent comme des buttes rondes ou ovales recouvertes par les couches supérieures du sol qui ont été soulevées. Porsild (1938) a signalé que les buttes situées sur des pentes peu marquées avaient souvent une forme allongée. Si le pingo est élevé, des failles irrégulières laissent voir un noyau de glace. Une dépression, véritable cratère, se présente parfois au sommet des formes les plus évoluées (fig. 7).

(7) Les renseignements donnés ici proviennent presque tous de deux ouvrages auxquels nous renvoyons le lecteur désireux de trouver un complément d'information.

- a) J. TRICART. — Cours de Géomorphologie, 2^e partie : géomorphologie climatique, fasc. I : le modelé des Pays Froids, 1^o le modelé périglaciaire. Centre de documentation universitaire, Tournier et Constans, 5, pl. Sorbonne, Paris.
- b) G. C. MAARLEVELD et J. V. VAN DER TOORN. — Pseudo-sölle in Noord-Nederland, dans *Tijdschrift van het Koninklijk Nederlandsch Aardrijkskundig Genootschap*, deel LXXII, n^o 4, 1955.

Dans cet ouvrage, des formes assez semblables aux viviers sont décrites en Frise et expliquées de la même façon.

(8) Hydrolaccolithes et tertres de toundra des Français ; ijslaccoliet, Aufeishügel, Schwellungshügel, Aufblühungshügel, Quellungshügel, Aufeisbeulen, Palsen des Allemands ; kotchi, bulgunjachi des Russes ; Ground ice mounds, gravel mounds, frost mounds des Américains ; pingos des Esquimaux.



FIG. 7. — Un pingo dans le « Randbolvalleys » (centre Est du Groenland). Suivant les mesures de F. Schwarzenbach la hauteur est de 30 m., le diamètre de la base plus de 150 m. et les angles de pente varient de 35° à 37°. Photo aérienne de l'expédition Lauge Koch prise par E. Hoffer. (Photo et commentaire repris de G. C. Maarleveld et J. C. Van den Toorn, op. cit., p. 350).

D'après Tricart, ils peuvent être constitués soit d'une énorme lentille de glace pure (cas fréquent pour les formes moyennes et petites) soit d'un mélange de roches fines et de lits de glace. Dans ce dernier cas, la structure est identique à celle des limons gonflés par la ségrégation de la glace. La croissance est plus lente, mais peut atteindre des proportions gigantesques. Toutes les buttes les plus grandes appartiennent à ce type.

Les conditions qui déterminent l'accumulation de la glace dans les couches superficielles du sol, jusqu'à les distendre et les soulever en une butte, sont peu connues. Cailleux et Taylor (1954) notent qu'ils s'observent souvent aux emplacements des sources. Muller (1945) pense que lors du regel, la pression créée

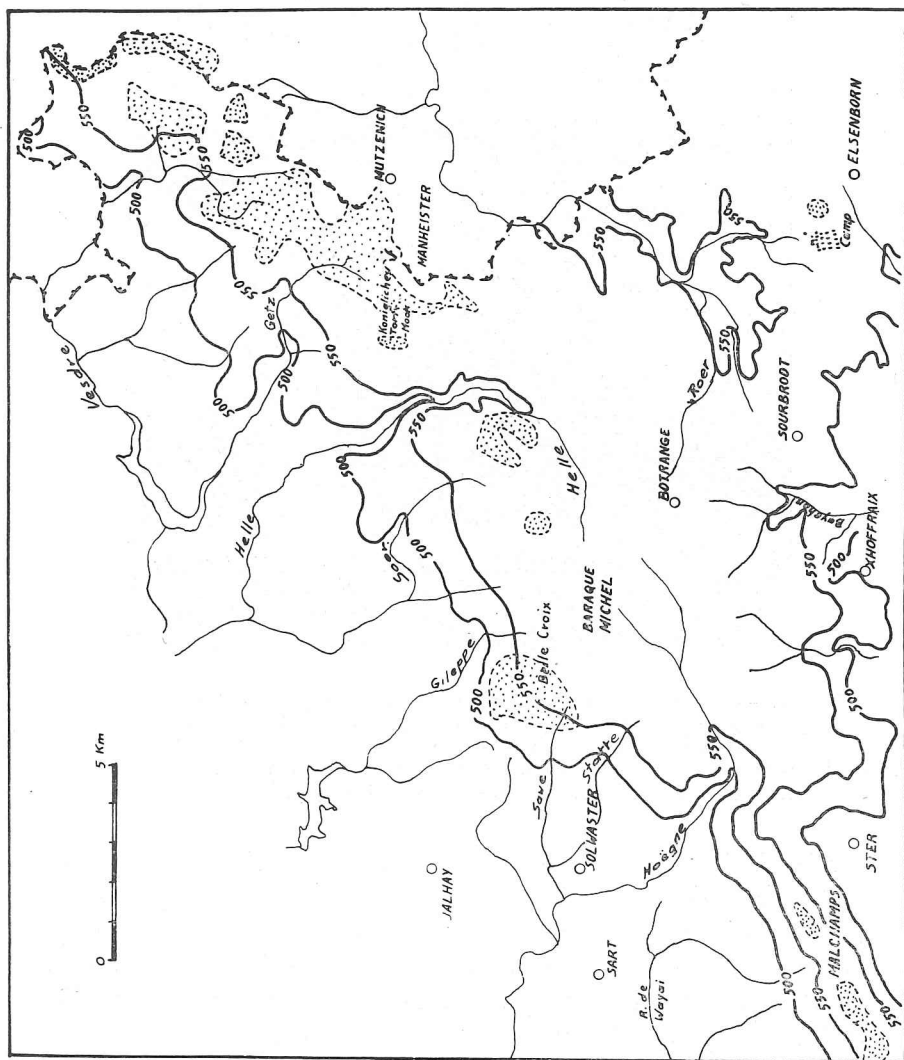


FIG. 8. — Carte topographique du plateau des Hautes Fagnes. Nous indiquons en pointillés uniquement les zones à viviers visibles sur les photos aériennes, Il en existe certainement beaucoup d'autres.

dans le mollisol enfermé entre le tjaie et la couche supérieure déjà gelée peut déterminer l'injection d'une quantité d'eau dans les couches supérieures du sol : « D'après Porsild, certains se forment à partir des fonds de lacs. Sous le lac, se trouvent des terrains meubles, fins, aptes à gonfler par ségrégation de glace.

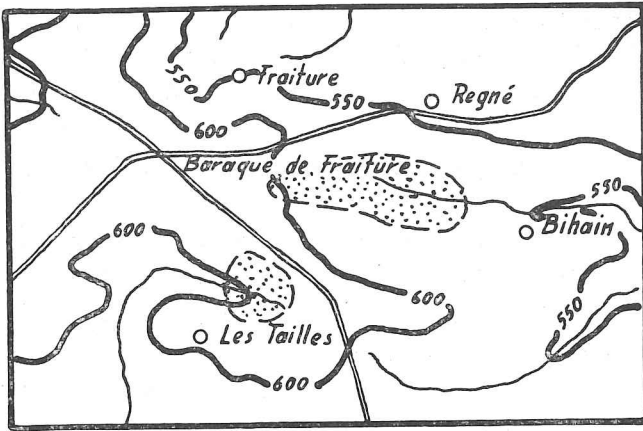


FIG. 9. — Carte au 1/100.000 du Plateau de la Baraque de Fraiture. En pointillés, zones à viviers visibles sur les photos aériennes.

Cette dernière s'effectue par infiltration des eaux lorsque le lac est saisonnièrement dégelé. Peu après se forme sous le lac, une sorte de butte qui finit par émerger ; repoussant le lac latéralement en une sorte d'anneau, puis le vidant complètement par suçage de son eau » (9).

La croissance continue jusqu'au moment où la fissuration du sommet de la butte permet une meilleure pénétration de la chaleur estivale. La disparition de la butte se fait par fusion progressive de la glace en son sommet qui a été le premier dégagé. Voilà l'origine du cratère signalé plus haut. A la suite de la fusion, les couches de terre soulevées peuvent solifluer et s'accumuler autour de la butte. C'est de cette façon que s'édifie le bourrelet qui subsiste autour de la dépression. Comme le montre la photo 7, l'accumulation du matériel descendu de la butte édifie des rides, des ressauts sur ce bourrelet. D'après Tolstichin (1932) une partie

(9) TRICART. — *Op. cit.*, p. 135.

de l'eau coule le long du versant et s'échappe le plus souvent par une ouverture du bourrelet orientée vers le S. Le pingo diminue progressivement et il reste à la fin une dépression dans le sol.

Tous les auteurs admettent que les plus grands pingos peuvent se conserver plusieurs dizaines d'années. Sukatschev affirme même connaître un pingo vieux de plus d'un siècle.

L'explication de la genèse des viviers comme des traces de pingos à l'époque wurmienne est en accord avec toutes les observations qui ont été faites :

1. Deux raisons justifient la localisation de ces formes uniquement au-dessus de 500 m :

- a) Les conditions climatiques y étaient plus rigoureuses.
- b) C'est au-dessus de cette côte que se trouve le relief calme du sommet du plateau où le drainage est difficile.

Rappelons que Smith et Muller ont insisté sur cette condition. Sur les pentes, la préexistence de replats dus à des loupes de glissement a certainement favorisé la naissance de pingos. Sur le sommet du plateau, ils ont dû grandir très lentement car ils étaient moins bien alimentés en eau.

2. L'allongement des viviers sur les pentes quelque peu marquées correspond aux pingos étirés qui ont été observés par Porsild dans les mêmes conditions. Les formes irrégulières ont été édifiées par l'action simultanée ou successive des hydro-laccolithes.

3. Les profils des versants s'expliquent parfaitement par l'hypothèse que nous envisageons. Ils apparaissent comme si une poussée s'était exercée intérieurement. Or nous savons que lors de la fusion des pingos les couches de terrain soulevées descendent par solifluxion et viennent s'entasser au pied de la butte en y constituant les rides, les ressauts que nous avons décrits (fig. 5). Le cratère par où s'effectue surtout la fusion du pingo a déterminé des mouvements semblables dirigés vers le centre. Cette masse de matériel a fini par s'accumuler au milieu de la dépression où nous la retrouvons au vivier Fredericq.

4. Les ouvertures ont été creusées par l'érosion fluviale qui a débuté dès la fusion des hydro-laccolithes, ainsi que Tolstichin l'a observé en 1932. L'eau de fusion s'est écoulée en creusant le

rempart. Sur les pentes, le ruissellement qui s'est continué depuis lors au travers des viviers a dégagé complètement une ouverture. Sur les sommets, les ouvertures n'ont pas toujours été entretenues naturellement et celles que nous observons ont souvent une origine récente et humaine. L'examen de la photo aérienne (fig. 6) fait apparaître nettement l'action de l'homme dans le drainage du bassin supérieur de la Getz-Bach. Une autre preuve nous est donnée dans la même région à l'examen de la photo 1 : le bourrelet est surélevé près de l'ouverture. Il s'agit certainement de déblais.

D'autre part, il est vraisemblable que certaines ouvertures ont été aménagées par des hommes préhistoriques puisque des traces d'installations humaines ont été mises à jour à l'intérieur de plusieurs d'entre eux.

Il paraît donc logique d'admettre que l'origine des viviers du plateau des Hautes Fagnes est naturelle et qu'il s'agit de phénomènes périglaciaires au même titre que les coulées pierreuses de la Fagne ou les involutions qui ont été si souvent décrites ces dernières années.

Le fait que certains viviers ont été occupés et probablement modifiés par des populations primitives ne déforce en aucune manière notre argumentation.

(Université de Liège. Laboratoire de géographie physique.)
