

La Statte inférieure : reconnaissance pionnière de l'évolution de la vallée

Etienne Juvigné, Jean-Marc Marion et Geoffrey Houbrechts

1. Introduction

Concernant le bassin versant de la Statte, la littérature scientifique montre que l'attention des géologues et des géomorphologues a été focalisée essentiellement sur le tronçon supérieur de la vallée et, plus particulièrement, sur le pierrier qui en tapisse le fond dès l'amont immédiat de la Cascade des Nutons (Guillaume, 1924; Fourmarier, 1934; Renier, 1934; Wisimus, 1938; Pissart, 1958; Juvigné et Groulard, 2010, Juvigné *et al.*, 2021). Par contre, il semble que la Statte inférieure ait été ignorée, si ce n'est dans un fichier du site des *Amis de la Fagne* (Juvigné et Groulard, 2010).

2. Le bassin-versant de la Statte

Le bassin versant de la Statte se situe sur la retombée NE de la crête de la Vecquée, entre ceux de la Sawe et de la Hoëgne supérieure (Fig. 1A). Le relief est très différent de part et d'autre de la Cascade des Nutons. À l'amont, la source se situe dans un amphithéâtre très ouvert sur la vallée supérieure largement évasée. À l'aval, la Statte est profondément incisée.

Relief et lithologie. Entre la Cascade des Nutons et 500 m à l'aval du Rocher de Bilisse, la vallée est étroite

parce qu'elle traverse un ensemble de quartzites en bancs épais, souvent zébrés de filons de quartz, qui sont les roches les plus résistantes des Hautes Fagnes (Formation de La Venne, Groupe de Revin, Cambrien moyen à supérieur). Le tronçon inférieur de la vallée est nettement plus ouvert dans des phyllades noirs (parfois ardoisiers) particulièrement friables (Formation de La Gleize, Groupe de Revin, Cambrien supérieur).

Soulèvement de l'Ardenne et incision des cours d'eau. C'est un accroissement de la vitesse du soulèvement de l'Ardenne qui a duré depuis ~-750.000 ans jusqu'à ~-300.000 ans (Demoulin, *in* Juvigné, 2005) qui a provoqué une incision profonde de la partie aval des cours d'eau du Massif de Stavelot-Venn (Demoulin et Hallot, 2009; Demoulin *et al.*, 2012) et une rupture de pente, appelée *knickpoint*, qui continue de progresser insensiblement vers l'amont; on parle d'érosion régressive. Le profil longitudinal de la Statte (Fig. 1B), comme celui de la Sawe et des autres cours d'eau ardennais, relève de ces processus.

3. La Statte inférieure

Dès l'aval immédiat du parking de Chafour, le fond de vallée se fait particulièrement large à son entrée dans les phyllades friables et il présente un microrelief de rides et de chenaux développés dans des terrains meubles dont la morphologie chaotique indique qu'ils ont vraisemblablement été mis en place par des processus de transport en masse, probablement en environnement périglaciaire. La Statte a dû parcourir les différents chenaux avant de s'inciser jusqu'à couler actuellement au contact des roches du socle (Fig. 2B).

Une terrasse de la Statte. En rive gauche, des lambeaux de terrasse peuvent être raccordés en un niveau de terrasse dont la pente est identique à celle de la Statte, soit de ~3,2 %. Cette terrasse est au pied d'un versant régularisé dont la pente est comprise entre 7 et 10 %. Celui-ci n'est donc pas un vaste replat de terrasse, contrairement à l'impression que donnent les images lidar.

Trace d'une niche de nivation. Dans deux sites (S4 et S5, localisés sur la figure 2A et illustrés par la figure 3), on peut constater la présence d'une couverture de limon argileux riche en cailloux et blocs, et sans structures sédimentaires internes. Le socle sous-jacent devrait consister essentiellement en phyllade de la Formation de La Gleize, puisque si des bancs de quartzite étaient intercalés, on pourrait attendre des irrégularités dans la morphologie. Cet élément de versant régularisé devrait donc répondre à l'altération progressive des phyllades particulièrement sensibles à la gélifraction. De plus, il est dominé par un

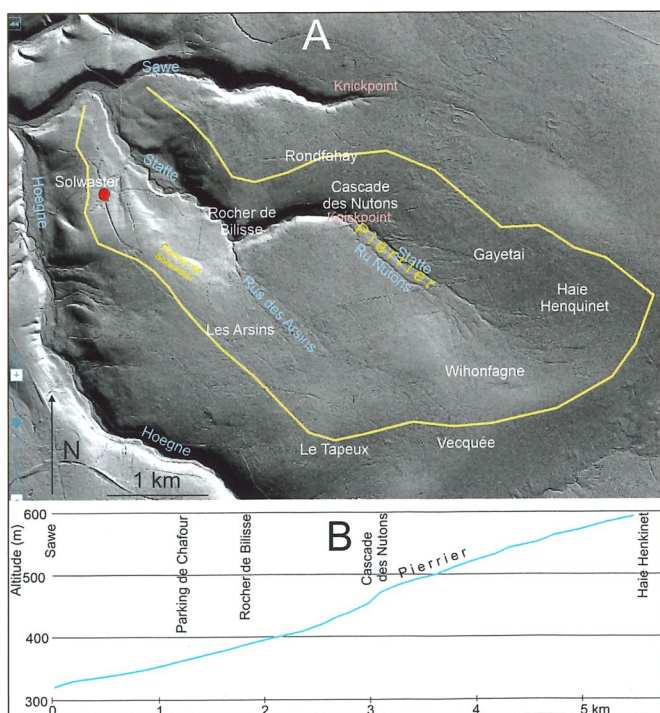


Figure 1. (A) Le bassin versant de la Statte (Fond de carte : images Lidar : MNT 2013-2014 Hillshade, source : WalOnMap); (B) Profil longitudinal de la Statte montrant notamment la rupture de pente au niveau de la Cascade des Nutons.

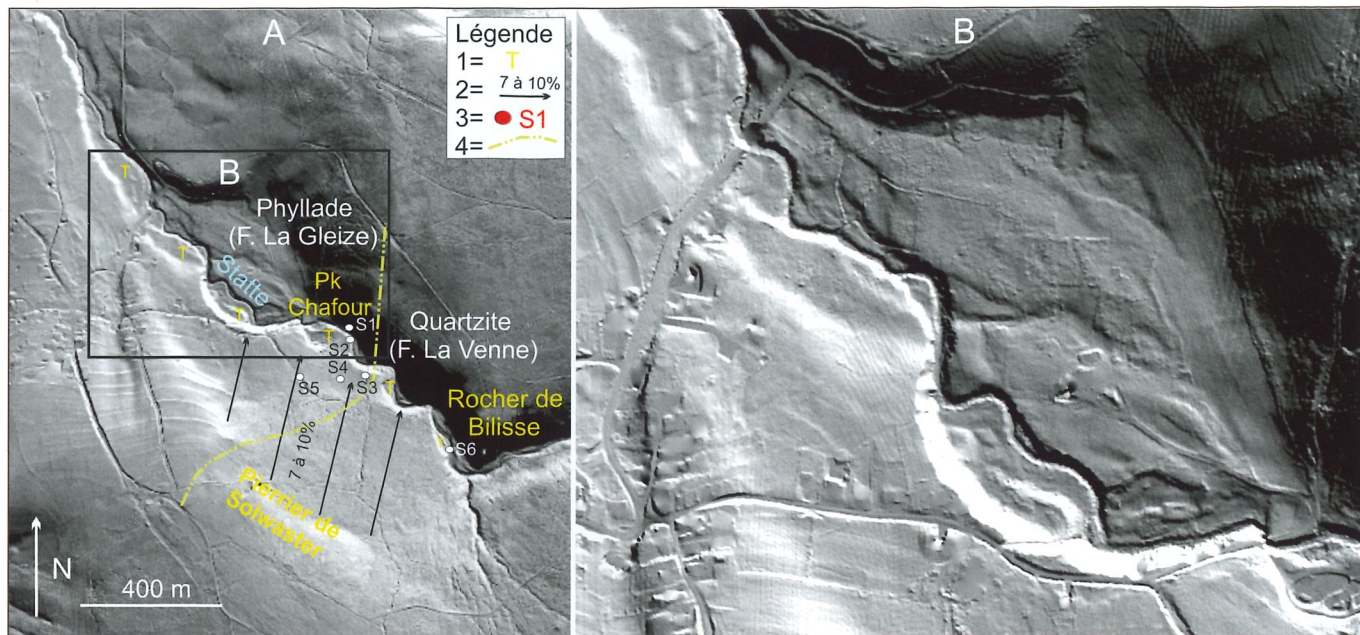


Figure 2. La zone étudiée. (A) La Statte à l'aval du Rocher de Bilisse. Légende : 1 = replat de terrasse; 2 = versant régularisé dans un domaine de pente compris entre 7 et 10 %; 3 = site de prélèvement d'échantillons; 4 = trace de la faille entre les formations de La Gleize et de La Venne. (B) Les rides et chenaux abandonnés du fond de vallée à Chafour. La limite géologique entre les formations de La Gleize et de La Venne est matérialisée par la trace d'une faille de chevauchement (ou de charriage) importante, à savoir la faille d'Eupen, dont la surface est inclinée de 20 à 25° vers le SE (Images lidar extraites du MNT 2013-2014 Hillshade; WalOnMap).

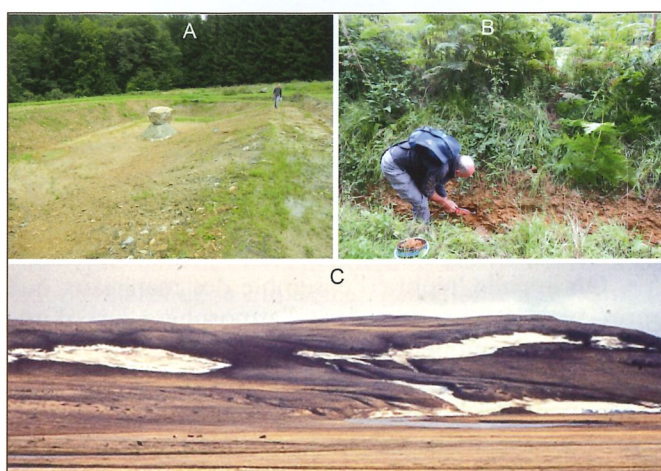


Figure 3. (A) et (B) Couverture limono-argileuse à cailloux et blocs tapissant le versant régularisé qui descend de la crête de Solwaster; le bloc de quartzite maintenu dans le bassin a dû descendre du talus qui porte le pierrier de Solwaster. (C) Niches de nivation dans le domaine périglaciaire au Canada (photo A. Pissart).

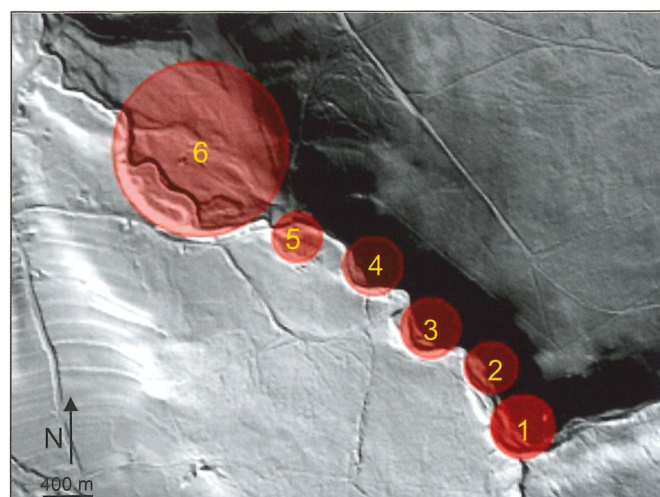


Figure 4. Mesure du rayon de courbure des encoches formées dans la partie inférieure du versant gauche de la vallée.

N°	Rayon de courbure (m) Amplitude/2 (m)	Amplitude (km)	Longueur d'onde (m) N° -> N°+1	S déterminé avec $A = 1,8\sqrt{S}$ (km ²)	S déterminé avec $A = \sqrt{S}$ (km ²)
1	66	0,132	140	5,4	17,4
2	54	0,108	144	3,6	11,7
3	62	0,124	174	4,7	15,4
4	60	0,120	152	4,4	14,4
5	51	0,102	260	3,2	10,4
6	180	0,360	-	40	130

Tableau 1. Paramètres des encoches dans la partie inférieure du versant gauche de la vallée. Explications : \sqrt{S} = racine carrée ($\sqrt{\quad}$) de la taille du bassin versant (S = surface) en millier de km² ; A = amplitude en km.

talus qui répond à un sous-sol quartzitique attesté par le pierrier comprenant le panneau de quartzite attribué erronément à un dolmen (Juvigné et al., 2010). L'ensemble de cette forme de relief devrait être la trace d'une *niche de nivation* telle qu'il en existe actuellement dans les régions périglaciaires (Fig. 3C).

Des paléo-méandres de la Statte. Une succession d'encoches concaves sont visibles dans la partie inférieure du versant gauche, tandis que s'il en est dans le versant droit, elles ne se prêtent pas à un examen sur les images lidar. De toute évidence, un accroissement important de leur taille se produit lorsque la rivière quitte les roches résistantes. Les méandres, qu'ils soient libres (dans leur plaine alluviale) ou encaissés (méandre de vallée) peuvent être caractérisés par leurs propriétés morphométriques : amplitude, longueur d'onde et rayon de courbure. Etant donné la dissymétrie existant ici, les valeurs de l'amplitude et de la longueur de méandres (Tabl. 1) ne répondent pas exactement aux règles de l'art, mais elles permettent néanmoins de quantifier approximativement la différence de taille (Fig. 4).

L'amplitude ainsi que la longueur d'onde des méandres encaissés peuvent être corrélées à la taille du bassin versant. Ainsi, d'après Deshaies et Weisrock (1995), pour des rivières du nord de la France, dont le bassin versant est nettement plus étendu que celui de la Statte, l'amplitude des méandres est fonction de la taille du bassin versant et est comprise entre \sqrt{S} et $1,8\sqrt{S}$ (voir tableau 1). Dans notre analyse, nous avons choisi de nous concentrer sur ce paramètre et nous constatons que la valeur de la boucle 6 ressort nettement par rapport aux autres. La rivière qui l'aurait formée devrait correspondre à un bassin versant dont la taille serait comprise entre 40 et 130 km² alors que le bassin versant de la Statte couvre une surface de seulement 9,8 km². Il faut donc rester prudent sur ce genre d'observation et ne pas tirer de conclusions précipitées sur la base d'une seule valeur du rayon de courbure, surtout fortement influencée par un changement lithologique. Par ailleurs, en ce qui concerne les autres boucles, nous pouvons constater que la taille du bassin versant est bien comprise entre les valeurs maximales estimées par les deux relations (fourchette de valeurs). Dès lors, on peut se demander si la taille des méandres 1 à 5, un peu supérieure à celle des méandres libres du cours d'eau actuel bien visibles dans le cercle n°6, n'est pas en relation avec des puissants débits de fonte de neige annuelle en environnement périglaciaire.

4. Etude sédimentologique

La publication des résultats de l'étude sédimentologique sera répartie sur plusieurs fascicules de *Hautes Fagnes*. Elle fera la différence entre les dépôts fluviatiles de la Statte et ceux issus de l'action d'agents de transport en masse, notamment périglaciaires : coulée de débris, coulée de boue, solifluxion, reptation lente. Elle a aussi pour objectif de déterminer l'origine des matériaux composant les dépôts. L'étude est basée notamment sur la granulométrie, la nature des cailloux et galets, la détermination des minéraux denses transparents et les structures sédimentaires. Le présent travail se limite à la recherche des minéraux des retombées volcaniques anciennes qui permettent de situer dans le temps les dépôts qui les contiennent.



Figure 5. Un ancien cailloutis de la Statte peu à l'amont du parking de Chafour.

5. Recherches de téphras

5.1. Vocabulaire

On appelle 'téphra' l'ensemble des matériaux qui, après avoir été projetés dans l'atmosphère lors d'une éruption volcanique, retombent à la surface du sol. A proximité du cratère, la granularité est grossière avec, notamment, des bombes et blocs. Avec la distance croissante par rapport au volcan, le matériau se fait de plus en plus fin, d'abord essentiellement cendreuse (taille du sable) puis uniquement poussiéreuse (taille du limon). Lorsque ces matériaux sont répartis dans le sol par les animaux fouisseurs, ils ne sont plus visibles à l'œil nu, on parle alors de crypto-téphra ; c'est en général le cas dans les Hautes Fagnes.

En Belgique orientale, dont les Hautes Fagnes, des minéraux spécifiques de trois téphras cendreuse à poussiéreuse sont bien connus ; leurs nom, âge, association de minéraux denses transparents et origine sont : Téphra du Laacher See, -12.900 ans, amphibole brune, clinopyroxène (diopside) et sphène, Eifel oriental*¹ ; Téphra d'Eltville, 20.000 ans, olivine, clinopyroxène et amphibole brune, Eifel oriental*² ; Téphra de Rocourt, 80.000 ans, éclats de mégacristaux d'enstatite, de clinopyroxènes (diopside et augite) et d'amphibole brune, Eifel occidental*³. Les minéraux du Téphra du Laacher See et du Téphra de Rocourt ont été trouvés dans plusieurs sites des Hautes Fagnes, notamment dans : les Fagnes du NE*⁴ (Brackvenn et Konnerzvenn) ; la vallée de la Soor*⁵ ; les vallées du Tros Maret et de Chôdières-Eau Rouge*⁶ (N.B. Les astérisques numérotés renvoient à des références bibliographiques groupées en fin d'article). Le Téphra d'Eltville



Figure 6. Site de prélèvement d'échantillons : berge de la Statte, hauteur 2 m. (B) Gros plan des deux unités de dépôt périglaciaire et de l'horizon humifère intercalé. Explication : les étiquettes 2.1 à 2.4 sont celles des échantillons.

n'a pas encore été identifié dans les Hautes Fagnes. Les principaux articles qui ont contribué à la connaissance des téphras précités sont évoqués en annexe.

5.2. Etude de sites

Site 1

Sur le versant de rive droite (localisation sur la figure 2), un lambeau de cailloutis de la Statte est conservé, environ 3 m plus haut que le lit actuel (Fig. 5). Aucun minéral pouvant appartenir aux téphras précités n'y a été trouvé parmi les quelques 8000 grains examinés. On peut donc supposer que la mise en place de ce cailloutis par la Statte est antérieure à la retombée du T. de Rocourt.

Site 2

Il s'agit d'une coupe dans une berge de rive gauche du lit mineur, un peu à l'amont de la dernière habitation (fig.6); sa hauteur est d'environ 2 m. Les roches du socle (les phyllades de la Fm.de La Gleize) affleurent dans le lit et à la base de la coupe. Dans l'ensemble il s'agit de limon argileux de couleur chamois à cailloux et blocs, et sans stratification interne. Un sol humifère est enregistré dans l'unité inférieure (sol enfoui, épaisseur ~30 cm) ; il implique la distinction de deux unités.

Les minéraux du Téphra de Rocourt sont abondants à l'état dispersé (crypto-téphra) dans l'unité inférieure

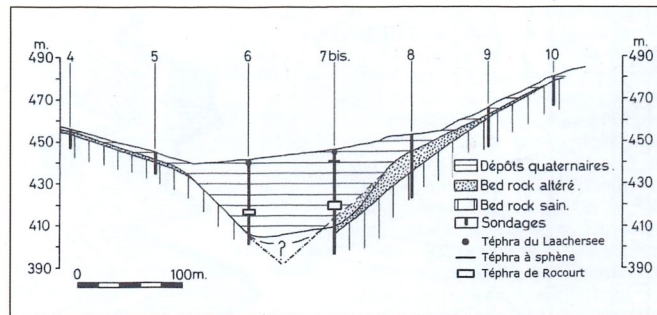


Figure 7. Coupe à travers la vallée de l'Eau Rouge à l'endroit du pont de Bernister avec la position des forages carottés effectués à la demande du Service géologique de Belgique (d'après Juvigné, 2004).

(échantillons 2.1 et 2.2), ce qui implique que l'ensemble des matériaux ont été déposés après -80.000 ans. Les mêmes minéraux sont rares dans l'unité supérieure qui est nettement plus récente que l'unité inférieure. Les minéraux du Téphra du Laacher See n'existent que dans le sol actuel, ce qui implique qu'aucun apport sédimentaire n'a eu lieu sur le replat depuis -12.900 ans. Des sphènes sont présents dans les échantillons 2.1, 2.2 et 2.3, mais ils ne sont pas connus dans le Téphra de Rocourt et ils ne peuvent avoir pénétré les niveaux correspondants, au départ du crypto-téphra du Laacher See (Tabl. 2).

Comparaison avec le site du pont de Bernister

Juvigné (2004) a publié les résultats de recherches minéralogiques réalisées dans les carottes 6 et 7bis des forages exécutés pour la reconnaissance géologique du site destiné à recevoir le pont de Bernister de l'auto-route E42 (Fig. 7). Deux niveaux de crypto-téphra y sont rapportés : (1) dans le sol actuel, le Téphra du Laacher See; (2) à une profondeur de 25 à 28 m, le Téphra de Rocourt. Dans la carotte 7bis, entre 6 et 7 m de profondeur, des fréquences élevées de sphène ont été trouvées et leur appartenance possible à un téphra a été évoquée. La présence de ce minéral dans les échantillons du site 2 de la vallée de la Statte apparaît comme une confirmation de l'existence de la retombée volcanique correspon-

Echan.	Grains (nb)	Mdt volc.	Autres mdt	Cpx (nb)	Opx. (nb)	Amph. brune (nb)	Sphène (nb)
2.1	327	3	10	2	6	8	2
2.2	463	4	14	5	3	4	10
2.3	301	1	1	0	0	0	2
2.4	363	20	16	11	0	26	28
6.1	243	2	15	8	15	6	0
6.2	416	8	25	31	25	31	0
6.3	386	3	5	13	10	14	0

Tableau 2. Fréquence des minéraux denses transparents (mdt) d'origine volcanique dans des dépôts de la vallée de la Statte inférieure. Explications : la détermination des minéraux denses transparents est basée sur l'examen au microscope polarisant de la fraction granulométrique comprise entre 75 et 355 microns. Trois à quatre mille grains constituent chaque frottis. Echan.= étiquette de l'échantillon; Grains (nb)= nombre de grains tout venant présents dans une surface délimitée du frottis pour obtenir environ 300 individus; Mdt volc.= nombre de mdt dans la surface précitée; Autres mdt= nombre de mdt non volcaniques dans la surface précitée. Nombre de mdt d'origine volcanique dans l'ensemble du frottis : Cpx= clinopyroxène (diopside, augite); Opx.= orthopyroxène (enstatite); amph. brune= amphibole brune (kaersutite, pargasite); Sphène, appelé aussi titanite.



Figure 8. (A) Le site n°6 localisé sur la figure 2 à l'aval immédiat du Rocher de Bilisse. (B) La position des échantillons prélevés est marquée par les étiquettes 6.1/2/3 en rouge.

dante que nous appellerons *Téphra de Solwaster*, plutôt que *Téphra de Bernister*, dans la mesure où les minéraux sont accessibles dans la vallée de la Statte.

Site 6

Il s'agit de la partie inférieure d'un dépôt de plusieurs mètres d'épaisseur qui a été mise en affleurement lors de la crue de juillet 2021 (Fig. 8), une centaine de mètres à l'ouest et à l'aval du Rocher de Bilisse. Le socle est en affleurement dans le lit de la Statte; il s'agit de la Formation de La Venne constituée ici de phyllades noirs et de bancs d'épaisseur pluridécimétrique de quartzite. Trois unités lithologiques séparées par des croûtes de fer-manganèse constituent la partie de la séquence visible. Les unités 6.1 et 6.2 consistent en limon argileux de couleur chamois, riche en cailloux et blocs pratiquement jointifs et sans structures sédimentaires internes. L'unité 6.3 est un limon argileux de couleur beige contenant des cailloux et blocs épars, également sans structures sédimentaires internes.

Les minéraux du Téphra de Rocourt sont présents dans les trois échantillons, mais aucun sphène n'y a été trouvé (Tabl. 1). On peut en déduire que les dépôts doivent avoir eu lieu après la retombée du Téphra de Rocourt, et il se pourrait qu'ils soient antérieurs à celle du Téphra de Solwaster.

6. Conclusion

La vallée de la Statte est très étroite dans sa traversée des quartzites de la Formation de La Venne, entre la Cascade des Nutons et l'aval immédiat du Rocher de Bilisse, puis elle s'ouvre largement dans les phyllades noirs de la Formation de La Gleize. Des dépôts qui relèvent de processus périglaciaires s'y sont accumulés en un niveau de terrasse qui contient le crypto-téphra de Rocourt. De ce fait, la terrasse est plus récente que -80.000 ans, ce qui la place pendant la dernière glaciation (Würm). Dans un site, des sphènes permettent de confirmer la présence d'un autre crypto-téphra dont l'existence a été soupçonnée antérieurement dans des carottes de forages profonds réalisés pour la construction du pont de Bernister; le nom de Téphra de Solwaster lui est attribué. La Statte s'est incisée dans l'ensemble des dépôts périglaciaires précités et dans la dépression de Chafour, elle y a abandonné plusieurs chenaux successifs.

7. Bibliographie

Bogaard v.d. P., 1995. $40\text{Ar}/39\text{Ar}$ ages of sanidine phenocrysts from Laacher See Tephra (12,900 yr BP): Chronostratigraphic and petrological significance. *Earth Planetary Science Letters*, 133, 163-174.

Demoulin A. & Hallot E., 2009. Shape and amount of the Quaternary uplift of the western Rhenish shield and the Ardennes (western Europe). *Tectonophysics*, 474 : 696-708.

Demoulin A., Beckers A., Rixhon G., Braucher R., Bourlès D. & Siame L., 2012. Valley downcutting in the Ardennes (W Europe): Interplay between tectonically triggered regressive erosion and climatic cyclicity. *Netherlands Journal of Geosciences*, 91, 79-90.

Deshaies M. & Weisrock A., 1995. Les méandres encaissés de la Meuse et les captures dans le bassin de la Moselle : enseignements de l'étude morphométrique, *Revue Géographique de l'Est*, 35/3, pp. 241-254

Fourmarier P., 1934. Observations au sujet des « coulées pierreuses » du plateau de la Baraque Michel. *Annales de la Société géologique de Belgique*, LVII : B164-171.

Guillaume Ch., 1924. Contribution à l'étude du haut plateau ardennais. *Annales de la Société géologique de Belgique*, XLVII : B : 120-128.

Gullentops F., 1954. Contributions à la chronologie du Pléistocène et des formes du relief en Belgique. *Mémoires de l'Institut géologique de l'Université de Louvain*, 18 : 125-152.

Juvigné E., 1993. Contribution à la téphrostratigraphie du Quaternaire et son application à la géomorphologie. *Mémoires pour servir à l'Explication des Cartes Géologiques et Minières de la Belgique*, 36, 66 p., Bruxelles.

Juvigné E., 2004. L'évolution du cours de la Warche depuis 30 millions d'années: état des connaissances en 2003. *Hautes Fagnes*, 254 : 48-55.

Juvigné E., Cordy J.-M., Demoulin A., Geeraerts R., Hus J. & Renson V., 2005. Le site archéo-paléontologique de La Belle-Roche (Belgique) dans le cadre de l'évolution géomorphologique de la vallée de l'Amblève inférieure. *Geologica Belgica*, 8/1-2, p. 121-133.

Juvigné & Groulard, 2010. Le pierrier de la Statte. <http://www.amisdelafagne.be/gestion/ressources/medias/document/pierrier-de-la-statte.pdf>

Juvigné E., Boulvain F. & Groulard J.-M., 2010. «Dolmen» ou simple mégalithe à Solwaster. *Hautes Fagnes*, 278 : 22-25.

Juvigné E., Pouclet A., Haesaerts P., Bosquet D. & Pirson S., 2013. Le Téphra de Rocourt dans le site paléolithique moyen de Remicourt (Province de Liège, Belgique). *Quaternaire*, 24 (3) : 279-291.

Juvigné E., Herman R., Marion J.-M., Nekrasoff S., Pieper Y. & Toussaint M., 2021. Une énigme résolue : plus de doute concernant l'origine naturelle du pierrier de la Statte. *Hautes Fagnes*, 324 : 18-22.

Pissart A., 1958. Les coulées pierreuses du plateau des Hautes Fagnes. *Annales de la Société géologique de Belgique*, LXXVI : B203-219.

Pissart A. & Juvigné E., 1980. Genèse et âge d'une trace de butte périglaciaire (pingo ou palse) de la Konnerzvenn (Hautes Fagnes, Belgique). *Annales de la Société géologique de Belgique*, 103: 73-86.

Pouclet A., Juvigné E. & Pirson S., 2008. The Rocourt Tephra, a widespread 90-74 ka stratigraphic marker in Belgium. *Quaternary Research*, 70: 105-120.

Pouclet A. & Juvigné E., 2009. The Eltville tephra, a late Pleistocene widespread tephra layer in Germany, Belgium and The Netherlands; symptomatic compositions of the minerals. *Geologica Belgica*, 12/1-2: 93-103.

Renier A., 1934. L'origine artificielle des coulées pierreuses de la Statte. *Annales de la Société scientifique de Bruxelles*, 1938 : 324-331.

Rohdenburg H. & Semmel A., 1971. Bemerkungen zur stratigraphie des Würm-Lösses im westlichen Mitteleuropa. *Notizblatt Hessischen Landes- Amt Bodenforsch*, 99: 246-252.

Wisimus J., 1938. Les Pierriers de la Statte. *Hautes Fagnes*, 1938-2 : 14-21.

Extraits de cartes

Images LIDAR, Relief de la Wallonie- Modèle numérique de Terrain (MNT) 2013-2014-Hillshade. <https://geoportail.wallonie.be/walonmap#BBOX=233137.85028839725,234745.19725309117,147716.1486847327,148495.34815979833>

Carte topographique IGN, 1 : 10 000 <https://topomapviewer.ngi.be/?l=fr&x=742003.30&y=649041.44&zoom=8&baseLayer=classic.maps&baselayer=ngi.cartoweb.topo.be>

Annexe : principales publications relatives aux téphras connus en Belgique

*1/2/3. Indications bibliographiques relatives aux retombées volcaniques connues notamment en Belgique orientale.

Le Téphra du Laacher See a été découvert en affleurement dans un rempart de lithalse de la Konnerzvenn où il est visible à l'œil nu (Juvigné in Pissart *et al.*, 1980) ; son âge est de -12.900 ans (Bogaard, 1995). Par la suite, il a été identifié à l'état de crypto-téphra dans plusieurs sites des Hautes Fagnes (voir Juvigné, 1993)

Le Téphra d'Eltville a été découvert dans le loess de Hesbaye liégeoise à Rocourt (Rodenburg et Semmel, 1973) puis dans plusieurs sites de Hesbaye (voir Juvigné, 1993). Dans tous les sites, il est visible à l'œil nu. Son âge est de -20.000 ans (Pouclet et Juvigné, 2009).

Le Téphra de Rocourt a été découvert sous la forme d'une dizaine de minéraux spécifiques dans le loess de Hesbaye liégeoise à Rocourt (Gullentops, 1954). Par la suite, les minéraux ont été trouvés dans de nombreux sites de Belgique (voir Juvigné, 1993). A ce jour, il n'a jamais été vu à l'œil nu dans aucune coupe, on parle de crypto-téphra. Son âge est -80.000 ans (Juvigné *et al.*, 2013).



Vallée de la Statte, vue depuis le Rocher de Bilisse. (Ph. Roger Herman).