

Quoi de neuf dans les tourbières des Hautes-Fagnes ? (2^e partie)

Suite de la note « Quoi de neuf dans les tourbières des Hautes-Fagnes ? (1^{re} partie) » (Hautes Fagnes 2019-1)

Maurice Streel, Marie-Noëlle Hindryckx & Philippe Gerrienne

La partie du Subatlantique plus récente (celle qui fait partie de notre ère) a fait l'objet de divers travaux, notamment ceux basés sur un rapport inédit sur la tourbière du Misten, réalisé pour la région wallonne (De Vleeschouwer *et al.* 2010). Dans ce rapport, les résultats se fondent sur l'étude de neuf sondages d'un mètre de profondeur environ.

Cette étude fut mise en œuvre dans une optique multidisciplinaire et regroupe des laboratoires de l'ULiège (Station Scientifique des Hautes Fagnes, U.R. Argiles, Géochimie et Environnement Sédimentaires, U.R. Paléobotanique, Paléontologie et Micropaléontologie), et des collaborations nationales comme l'Institut Royal des Sciences Naturelles à Bruxelles et internationales comme EcoLab-CNRS, Toulouse, France; *School of Geography*, Aberdeen, Grande Bretagne; *Institute of Earth Sciences*, Heidelberg, Allemagne; *GADAM Centre*, Gliwice, Pologne. Chaque laboratoire a fourni des données pour lesquelles il est spécialisé : paramètres biologiques (macrofossiles végétaux, pollens, spores, thécamoebiens), chimiques (humification, azote, métaux en trace, isotopes du plomb et du néodyme) et physiques (datations ²¹⁰Pb et ¹⁴C). La précision des âges et des analyses fait également de cette étude une référence, tant au niveau de la diversité et du détail des données qu'à son applicabilité à d'autres tourbières des Hautes-Fagnes. Ces données sont interprétées et comparées à l'historique d'occupation de la région, aux données climatiques globales, au développement humain et à la pollution régionale et globale. Elles sont également mises en perspective du projet LIFE-Hautes-Fagnes et des données forestières disponibles pour la région.

De la base au sommet des sondages, il est possible de reconstituer, grâce à l'ensemble des paramètres étudiés, environ 2000 ans de changements environnementaux, soit liés au climat, soit liés aux activités humaines.

Le couvert végétal des Hautes-Fagnes pendant le Subatlantique récent peut être résumé en trois super zones successives : celle du Hêtre (jusqu'à la moitié du 12^e siècle), celle du Chêne (jusqu'à la moitié du 19^e siècle), celle des Conifères, ensuite. Il apparaît très vite que la pression anthropique sur le paysage devient progressivement prédominante et interfère avec l'évolution du climat.

Superzone dominée par le Hêtre

Les tourbières commencent à enregistrer des traces d'activités humaines dès le début de la période romaine (entre BC50 et AD215). La pollution atmosphérique en plomb est bien démontrée pendant toute cette période (Allan *et al.* 2018), étant entendu qu'elle n'était pas générée au cœur du haut plateau fagnard, mais probable-

ment dans des foyers d'activités régionaux. Deux routes romaines encadrent le plateau fagnard dès le début de notre ère : Bavai-Tongres-Cologne et Reims-Cologne.

Une voie transversale, le Pavé de Charlemagne (Nekrassoff 2018), (souvent dénommée Via Mansuerisca) reliait sans doute ces deux routes.

Une pollution en zinc semble même précéder la construction du « Pavé de Charlemagne », mais se poursuit pendant la période mérovingienne, liée sans doute à l'utilisation du « Pavé » pour permettre à un charroi lourd de traverser les tourbières (Renson *et al.* HF n°2/2005, Streel *et al.* HF n°3/2005. Renson *et al.* 2008).

Persch (1950) définit, dans le site d'Hattlich, quatre maxima du pollen de Hêtre qu'il date par interpolation comme suit : FI, naissance du Christ; FII, vers AD700; FIII, vers AD1200; FIV, vers AD1600. Ces dates sont largement utilisées par toutes les publications réalisées sur les tourbières ardennaises jusqu'à récemment. Compte tenu des nouvelles données chronologiques obtenues dans la tourbière du Misten, Streel (2011) conclut que le 3^e maximum du Hêtre (FIII), qui se caractérise aussi par le développement de quelques pourcents de pollen de Charme, se situe plus vraisemblablement aux alentours de l'an AD1000, voire est même un peu plus ancien.

La période de transition entre la superzone du Hêtre et celle du Chêne peut s'expliquer par l'activité humaine. L'abondance des pollens de céréales, dès le 12^e siècle, témoigne d'un développement de l'agriculture régionale. Des centaines de Hêtres sont utilisés, notamment du 7^e au 9^e siècle (Corbiau 2009), sur plusieurs kilomètres du « Pavé de Charlemagne ». Ils sont aussi privilégiés pour la production de charbon de bois (Liégeois-Lemaître, 1957). On se souviendra de la fondation des abbayes de Stavelot et Malmedy au milieu du 7^e siècle. On retiendra également la première mention de Reinartzhof au 14^e siècle.

Des études récentes réalisées dans le nord de l'Europe (Latalowa *et al.* 2019), témoignent d'un déclin prononcé des populations d'Aulnes (*Alnus glutinosa* surtout) dans l'intervalle AD800-AD1000. Elles concluent à une période de sécheresse sévissant sur une grande partie des plaines de l'Europe. La même observation peut être faite dans les Hautes-Fagnes, à la transition entre les deux maxima de Hêtres FII et FIII et correspond aussi dans la tourbière du Misten à un remplacement temporaire du thécamoebien, à caractère océanique *Amphitrema wrightianum* par *Difflugia pulex* (Streel *et al.*, 2014).

Superzone dominée par le Chêne

Avant le 16^e siècle, le signal enregistré par l'ensemble des paramètres est essentiellement climatique. On enregistre effectivement la Période Chaude Médié-

vale (MWP, *ca.* AD550-1150) et le début du Petit Age Glaciaire (LIA, *ca.* AD1250-1850). Grâce à la haute résolution de l'échantillonnage et des analyses polliniques, il est possible de suivre ces changements à travers quatre sondages (01W, 04W, 05W et 06W). Le LIA est caractérisé, sur la tourbière, par des occurrences de sphaignes de milieux très humides, voire aquatiques. Cette caractéristique est également enregistrée par les thécamoebiens.

Pour mémoire, le LIA est généralement interprété comme le résultat de profondes modifications du rayonnement solaire. Néanmoins on a constaté récemment que l'explosion catastrophique d'un volcan d'Indonésie (le Samalas dans l'île de Lombok), datée de AD1257, en marquerait remarquablement le début par un refroidissement considérable du climat ayant entraîné famines et épidémies, en particulier sur l'Europe. On notera également que l'arrêt de l'utilisation du Pavé de Charlemagne dans sa traversée de la Helle est datée de AD1282 (+/- 57) (Dalemans et Streel 1986).

Dès le 16^e siècle, bien que le signal climatique soit toujours décelable, celui-ci est progressivement perturbé par l'exploitation intense de la périphérie de la tourbière. La comparaison de ces résultats avec une étude antérieure (Hindryckx et Streel HF n°4/2000) permet d'évaluer l'impact de cette exploitation dans la tourbière du Misten et de déduire que les sondages étudiés sont peu affectés par celle-ci à l'exception des couches les plus récentes (Figure 1).

La tourbière du Misten est bien identifiée sur des documents historiques, et notamment des cartes, dès le milieu du 18^e siècle (Nekrassoff 2014). Ces documents contribuent à l'estimation de la part due au signal climatique et de celle due à l'impact des plantations et du drainage de la tourbière dans sa périphérie (exploitation de la tourbe) et en son travers (fossé d'Eupen, fin du 18^e siècle).

D'un point de vue géochimique, les pollutions au plomb sont relativement faibles pendant le Moyen Âge, témoignant d'une réduction des activités minières, par rapport à la période Romaine. En revanche, les flux de

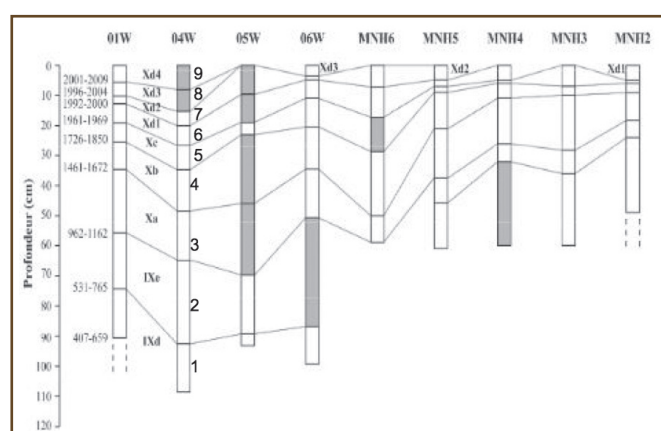


Figure 1. Épaisseur comparée des 4 carottes de tourbe (W) étudiées par De Vleeschouwer, F., Luthers, C., Streel, M. 2010 et des 5 profils (MNH) étudiés par Hindryckx 2000. Voir leur emplacement sur la tourbière de Misten sur la figure 2. En gris, localisation des épaisseurs maximales de tourbe pour chaque palynozone (partie de carotte de tourbe dans laquelle un pollen ou une association de pollens d'arbre est/sont dominant-s). La réduction de l'accumulation de la tourbe en périphérie de la tourbière (sites MNH) s'amorce dès le 16^e siècle (Zone Xb ou 4). À partir de cette zone, on met bien en évidence, le déplacement vers l'intérieur de la tourbière, des sites qui ont progressivement cessé d'enregistrer la pluie pollinique.

poussières augmentent sensiblement. Ceux-ci, ainsi que l'accroissement de pollens de céréales et de *Plantago*, témoignent d'une activité agro-pastorale croissante dans la région, qui se superpose aux variations climatiques intenses du LIA favorisant l'érosion des sols. Il est donc difficile, grâce à ce paramètre seul, de différencier l'impact humain du changement climatique.

Superzone dominée par les Conifères.

Pour bien comprendre l'évolution de la végétation pendant cette période d'environ 200 ans (depuis la base de l'accroissement du pollen de Pin, par suite de premières plantations, mais, particulièrement bien datée par le ²¹⁰Pb, depuis la base de l'extension du pollen d'Epicéa), il faut tenir compte de la dynamique de la végétation actuelle du Misten.

La thèse inédite de Hindryckx (2000) montre, en particulier, les deux types de groupements végétaux (Figure 2) où seront implantés les sondages 01W, 04W, 05W et 06W, évoqués plus haut. On y voit l'alternance de coussins à Callunes et de dépressions à Sphaignes et Linaigrettes ainsi que des îlots de Narthécies. Cartographiés dans le plus grand détail (1/200^e), l'ensemble des groupements végétaux se distribue surtout en fonction de la microtopographie, bien mise en évidence par la technique LIDAR (Figure 3).

L'analyse pollinique de la période à Epicéas ayant pu être établie dans ces quatre sondages à partir d'un échantillonnage pratiquement continu (tous les centimètres), les corrélations entre eux sont très précises, fondées sur les proportions de pollens des arbres dominants, et bien datées en particulier les zones 5 à 9 sur la figure 1. Cette fine zonation est caractérisée notamment par une diminution sensible des pourcentages du pollen d'Epicéas dans la zone intermédiaire 7. La pertinence de ces corrélations a d'abord été mise en évidence par Allan *et al.* (2013) qui montrent qu'un pic de concentration de Mercure (Hg) se cantonne dans les 4 sondages à la transition entre les zones 5 et 6. Plus récemment, Stephany (2015) utilise et discute statistiquement cette zonation pour dater 5 carottages superficiels supplémentaires implantés dans le voisinage des 3 premiers sondages interprétés plus haut.

Des interprétations vraisemblables de ces deux phases maximales d'Epicéas sont proposées par De Vleeschouwer *et al.* 2010 : ces deux phases pourraient dépendre soit de l'extension différente des plantations autour du Misten au cours du temps, soit d'un cycle de floraison en relation avec des variations du climat (cycle solaire). Curieusement, les deux phases se retrouvent dans la tourbière de Rurhof (Paillet 2016) dans un contexte de plantations pourtant différent. La recherche des mêmes critères dans un nouveau sondage à Cléfaye, daté aussi par le ²¹⁰Pb, est en projet.

Les résultats obtenus pour les deux derniers siècles sont fondamentaux pour une meilleure gestion de la tourbière. Premièrement, on note une nette croissance des indicateurs de pollution tels que le plomb, témoignant d'une pollution intense de la zone. Les isotopes du plomb permettent de mettre en évidence une pollution régionale plutôt que locale. Les concentrations en éléments chimiques décroissent néanmoins sensiblement dans l'acrotelme (partie aérée, « active » de la tourbière), non seulement parce que certaines émissions de polluants ont diminué durant les 30 dernières années, mais

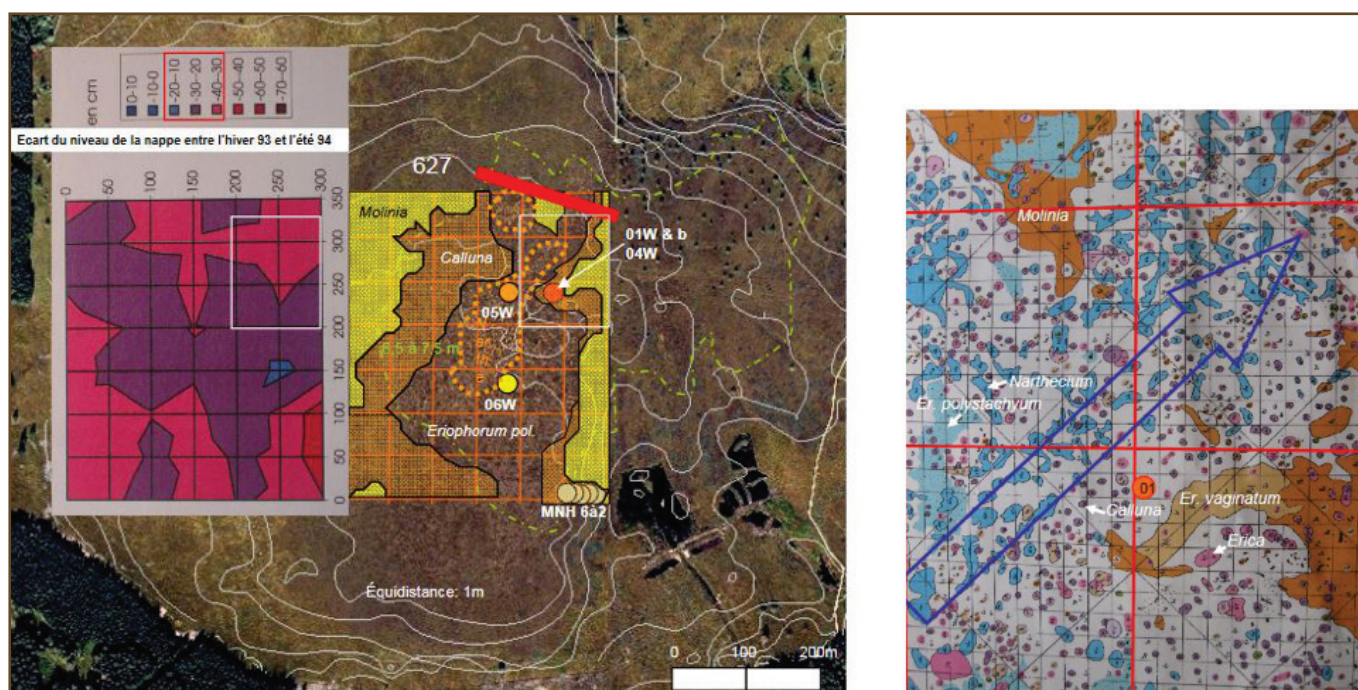


Figure 2. Topographie détaillée de la tourbière du Misten avec l'emplacement des carottes de tourbe et profils étudiés. En encart central, quelques repères de groupements végétaux cartographiés par Hindryckx (2000), grâce à un canevas de repérage très précis dont le détail est donné dans la figure latérale, à droite (les petits carrés ont 5 m de côté, les carrés en rouge ont 50 m de côté). Les pointillés orange délimitent les zones où les Narthécies sont abondantes. En encart, à gauche de la figure, utilisant le même canevas de référence, une étude du niveau de la nappe aquifère entre l'hiver 1993 et l'été 1994, soit à la fin du dépôt de la palynozone 6. On voit que, dans la partie aval de la zone cartographiée, la nappe aquifère descend d'une dizaine de centimètres au moins pendant l'été, d'où la position d'un barrage de retenue souhaitée à la cote 627 m (trait épais en rouge).

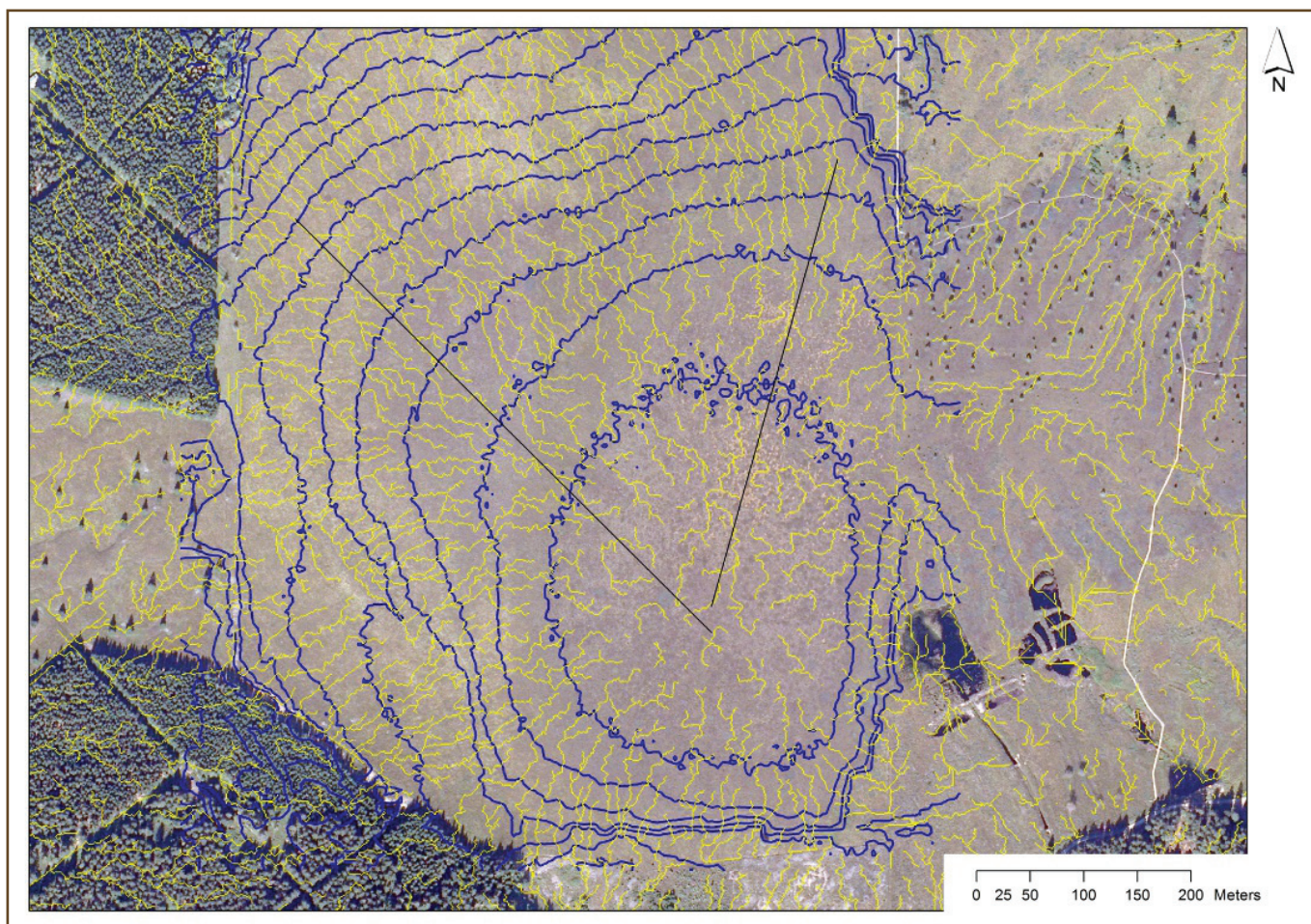


Figure 3. Topographie super-détaillée de la tourbière du Misten grâce à la technique LIDAR (Light Detection and Ranging). Cette technique permet une visualisation des écoulements d'eau en surface (ici en jaune). Les courbes de niveaux (en bleu) sont équidistantes d'un mètre. Travail effectué par Eric Hallot dans le Département de géographie de l'Université de Liège, à partir de documents de la Région Wallonne.

surtout parce que les éléments chimiques sont probablement dilués par la croissance rapide des sphaignes. En ce qui concerne l'azote apporté par les pluies et capté par les sphaignes vivantes, il s'accumulerait dans la partie inférieure de l'acrotelme caractérisée par l'accumulation des sphaignes mortes. Il semble bien que la charge actuelle des retombées azotées reste critique pour ces milieux tourbeux qui sont dès lors des milieux de référence pour en mesurer l'impact. Les diatomées (Libin *et al.* HF n° 1/2015) s'avèrent aussi d'excellents bio-indicateurs de l'acidité de ces tourbières.

Cette fine corrélation entre sondages apparaît fondamentale pour la gestion d'une tourbière haute, car elle permet de rendre compte simultanément d'une variabilité extrêmement locale et élevée du taux d'humidité mise en évidence par les thécamoebiens, et du signal régional climatique et humain proposé par les pollens. La présence ou l'absence de ces zones palynologiques superficielles permet de mettre en évidence la croissance hétérogène de la tourbière du Misten. Plus précisément, on remarque un déplacement vers le centre de la tourbière des sites qui ont cessé d'enregistrer la pluie pollinique. En d'autres mots, plus on se trouve dans des couches récentes, plus la surface géographique de la tourbière intacte est restreinte. Cette observation témoigne de l'impact des exploitations périphériques de la tourbière du Misten, mais peut-être aussi d'un changement climatique. Ces facteurs combinés résultent en la dégradation progressive de la végétation typique de tourbière vers celle d'une lande tourbeuse à Callunes et Ericacées. D'autre part, dans la partie centrale, en très faible pente vers le nord-est, l'absence locale d'enregistrement pollinique récent (Voir figure 1 : sondages 05W et 06W) peut s'expliquer par la présence d'une nappe superficielle, drainant et érodant partiellement la tourbière. Ces zones sont facilement identifiables par de nombreuses plages de Narthécies. Elles ont été discutées récemment par Stephany (2015) qui conclut que la quantité de pollens enregistrée sous les plages de Narthécies a été moins importante que celle enregistrée sous la végétation uniquement turfifère, ce qui peut s'expliquer par des flux d'eau y déplaçant les pollens (Voir carte LIDAR, figure 3).

Remerciements : nous remercions en particulier Freddy Damblon et Serge Nekrassoff pour leur aide dans l'élaboration de cette revue synthétique des connaissances actuelles sur les tourbières des Hautes-Fagnes.

Références (Voir aussi dans le n° 2019-1, les références aux articles publiés dans la revue Hautes Fagnes.)

Allan, M., Le Roux, G., Sonke, J.E., Pietrowska, N., Streel, M., Fagel, N. 2013. Reconstructing historical atmospheric mercury deposition in Western Europe using Misten peat bog cores, Belgium. *Science of the Total Environment* 442, 290-301.

Allan, M., Pinti, D.L., Ghaleb, B., Verheyden, S., Mattielli, N., Fagel, N. 2018. Reconstruction of atmospheric Lead pollution during the Roman Period recorded in Belgian ombrotrophic peatlands cores. 2018. *Atmosphere* 9, 253, 19 pages.

Allan, M., Loader, N.J., Young, G.H.F., Pietrowska, N., Sikorski, J., Pinti, D.L., Fagel, N. (en préparation). Reconstruction of mid-late Holocene climate in NW Europe from high-resolution peatland stable isotope records.

Amesbury, M.J., Swindles, G.Y., Bobrov, A., Charman, J., Holden, J., Lamentowicz, M., Mallon, G., Mazei, Y., Mitchell, E.A.D., Payne, R.J., Roland, T.P., Turner, T.E., Warner, B.G. 2016. Development of a new pan-European testate amoeba transfer function for reconstructing peatland palaeohydrology. *Quaternary Science Reviews* 152, 132-151.

Corbiau, M.-H., 2009. La «Via Mansuerisca» et son charroi, nouveaux éléments de chronologie. *Chronique de l'archéologie Wallonne*, 16, 129-130.

Dalemans, C., Streel, M. 1986. La « Via Mansuerisca » enfouie dans la fagne des Wez est mérovingienne, pas romaine. *Hautes-Fagnes* 1986-4, 93-102.

Damblon, F. 1994. Les dépôts tourbeux et l'histoire de la végétation sur le plateau des Hautes-Fagnes (Belgique). *Annales de la Société géologique de Belgique*, Volume 117 (1994), Fascicule 2, 259-276.

Damblon, F., Bastin, B. 1987. Etude paléocécologique d'une lentille tourbeuse ensevelie dans le rempart d'une palse de la Konnerzvenn (Hautes Fagnes, Belgique). *Bull. Soc. Roy. Botanique de Belgique*, 120-1, 20-29.

De Vleeschouwer, F., Luthers, C., Streel, M. 2010. Recherche d'intérêt général et pluridisciplinaire relative aux modalités de l'accumulation récente de la tourbe dans la tourbière ombrogène du Misten (Hautes-Fagnes, Belgique) en relation avec les changements climatiques et les effets des activités humaines. Convention SPW (DGOARNE)-ULg (SSHf) Visa 08/13701³¹. 98 pages + annexes. <http://etat.enviromnement.wallonie.be/index.php?page=etudes-detaillees>

De Vleeschouwer, F., Pazdur, A., Luthers, C., Streel, M., Mauquoy, D., Wastiaux, C., Le Roux, G., Moschen, R., Blaauw, M., Pawlyta, J., Sikorski, J., Piotrowska, N. 2012. A millennial record of environmental change in peat deposits from the Misten bog (East Belgium). *Quaternary International* 268, 44-57.

Gotjé, W., Van Wayjen, M.C.A., Van Geel, B. 1990. A palynological study of a Holocene deposit from Grand Bongard (Hautes-Fagnes, Belgium). *Geologie en Mijnbouw* 69, 227-241.

Israde-Alcantara, I. *et al.* 2012. New evidence from central Mexico supporting the Younger Dryas extraterrestrial impact hypothesis. *PNAS Early Edition*, 11 pages.

Latalowa, M. *et al.* 2019. Abrupt *Alnus* population decline at the end of the first millennium CE in Europe- The event ecology, possible causes and implications. *The Holocene* 1-15.

Liégeois-Lemaître, Th., 1957. Histoire d'une forêt de Haut Plateau ardennais en vue d'une étude phytogéographique. *Bull. Soc. Roy. Sc. Liège*, 26 (6), 354-368.

Maley, J., Vernet, R., 2015. Population and climatic transition in North Tropical Africa from the end of the Neolithic to the dawn of the Modern Era. *African Archaeological Review* 32, 179-232.

Nazé, Y. 2011. *L'astronomie des Anciens*. Belin, pour la science, 223 pages.

Nekrassoff, S. 2014. *Hautes-Fagnes. Cartographie ancienne*. Haute Ardenne asbl, Embarcadère du savoir, SSHF (Université de Liège). 102 pages.

Nekrassoff, S. 2018. *Le Pavé de Charlemagne. Faits et hypothèses au sujet du plus vieil itinéraire fagnard*. Haute Ardenne asbl, Embarcadère du savoir, SSHF (Université de Liège). 73 pages.

Otte, M. 2009. The Paleolithic-Mesolithic Transition. In *Sourcebook of Paleolithic Transitions*. Springer Science + Business Media. 537-553.

Persch, F. 1950. Zur postglazialen Wald-und Moorentwicklung im Hohen Venn. *Decheniana* 104, 81-93.

Paillet, M. 2016. Etude paléopollinique de la tourbière haute active du Rurhof (Hautes-fagnes, Belgique). Haute école de la Province de Liège, travail de fin d'étude pour l'obtention du grade de Bachelier en agronomie finalité environnement. 90 pages.

Renson, V., Fagel, N., Mattielli, N., Nekrassoff, S., Streel, M., De Vleeschouwer, F., 2008. Roman road pollution assessed by elemental and lead isotope geochemistry in East Belgium. *Applied Geochemistry* 23, 3253-3266.

Schwickerath, M. 1937. Die nacheiszeitliche Waldgeschichte des Hohen Venns und ihre Beziehung zur heutigen Vennvegetation. *Abhandlungen der Preussischen Geologischen Landesanstalt, Neue Folge* 184, 7-31.

Stephany, A. 2015. La dégradation de la tourbière du Misten, dans les Hautes-Fagnes est-elle plus importante dans les plages de *Narthecium ossifragum*? Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme de master en biologie des organismes. 47 pages + annexes.

Streel, M. 2011. Nouvelles données modifiant l'ancien schéma chrono-stratigraphique du «Subatlantique» (Persch 1950) dans les Hautes-Fagnes. MVP-PPMB meeting- Liège, November 30, 2011.

Streel, M., Beghin, J., Gerrienne, P., Hindryckx, M.-N., Luthers, C., Court-Picon, M., Frankard, P., Allan, M., Fagel, N., 2014. Late Subatlantic history of the ombrotrophic Misten Bog (Eastern Belgium) based on high-resolution pollen, testate amoebae and macrofossil analysis. *Geologica Belgica*, 17/2, 148-160.

Streel, M., Paillet, M., Beghin, J., Leclef, T., Lamentowicz, M., Kamran, K., Court-Picon, M., Allan, M., Fagel, N., Gerrienne, P. 2018. Reconstructing Early Atlantic to Early Subatlantic peat forming conditions of the ombrotrophic Misten Bog (Eastern Belgium) on the basis of high-resolution analysis of pollen, testate amoebae and geochemistry. *Geologica Belgica* 21/3-4, 129-142.

Tesson, S. 2018. *Un été avec Homère ?* Imprimerie Floch, Mayenne. 253 pages.

Vargas Ramirez, V.L. 2003. Dinamica de la evolucion palinologica de los depositos de turbas holocenas de una lithalsa de la meseta de Hautes-Fagnes (Belgica). *Polen* 13, 69-83.

Walker, M. *et al.* 2018. Formal ratification of the subdivision of the Holocene Series/Epoch (Quaternary System/Period): two new Global Boundary Stratotype Sections and Points (GSSPs) and three new stages/subseries. *Episodes (IUGS)*, 11 pages.