

Distribution de sphérules magnétiques provenant de la sidérurgie liégeoise (1)

par C. RICARDEAU

Licenciée en Sciences géographiques

Résumé. — *Des particules sphériques et magnétiques produites par l'ancienne industrie du fer ont été observées dans les limons de crue de la Meuse et de certains de ses affluents. L'industrie sidérurgique liégeoise produit actuellement des poussières semblables. La recherche de ces sphérules dans la couche superficielle du sol nous a permis de délimiter un vaste territoire où il est possible de les utiliser comme repère stratigraphique pour estimer la vitesse d'accumulation des dépôts de pente au bas des versants.*

Summary. — *Spherical and magnetic particles produced by the former iron industry have been observed in the flood loams of the Meuse and some of its tributaries. The iron industry of Liège still produces similar dust. Investigation of these spherules in the surface zone has enabled us to delimit a large area in which it is possible to use them as a stratigraphic base from which to estimate the rate of accumulation of slope deposits at the foot of the valley sides.*

I. — DESCRIPTION ET ORIGINE DES SPHÉRULES MAGNÉTIQUES ÉTUDIÉES

Dans une thèse récente (1968-1969), consacrée à l'étude de la pollution atmosphérique par les poussières de cokeries et présentée à la Faculté des Sciences appliquées de l'Université de Liège, M^{me} Grisard-Dotreppe [3] (2) décrit des particules sphériques résultant de l'industrie sidérurgique actuelle et en explique ainsi l'origine : « L'aciérie Thomas provoque, surtout au moment du soufflage, une pluie d'étincelles faites de particules de scories et de grains métalliques oxydés très rapidement à l'air (fumées rousses).

(1) Cette étude a été réalisée dans le cadre d'un mémoire de licence en Sciences géographiques présenté au cours de l'année académique 1973-1974. Nos remerciements s'adressent à M. A. Pissart, qui nous a dirigés dans ce travail et a accepté de relire l'article que nous présentons ici. Nous tenons également à remercier le laboratoire de l'Institut national des industries extractives, et en particulier M. Noël qui le dirige, pour le secours technique qu'il a bien voulu nous accorder.

(2) Les chiffres entre crochets renvoient à la liste bibliographique *in fine*.

L'observation au microscope, en lumière réfléchie, de ces poussières, permet d'y discerner des particules en forme de sphères régulières creuses, craquelées et isotropes, de pouvoir réflecteur très élevé (± 15). Les principaux constituants de ces sphérules sont : Fe (48,5 %), Mn (8,2 %), P (1,5 %), SiO₂ (2 %), CaO (8,2 %), MgO (2 %) et Al₂O₃ (2,5 %) ».

L'étude de la répartition, à la surface du sol, de sphérules semblables constitue l'objet du présent article.

Les sphérules qui existent dans notre pays ne proviennent pas uniquement de l'industrie sidérurgique actuelle. J. Henrottay ([9] et [10]) en avait observé en Haute-Belgique dans des dépôts fluviatiles vieux de plusieurs siècles; elles étaient associées à des scories qui témoignent dans le fond des vallées ardennaises de l'activité des forges. Selon M. Willems, fondateur du Musée du Fer de Liège, ces billes ont probablement été produites lorsqu'on soumettait la fonte au jeu des soufflets pour en terminer l'oxydation (communication orale).

Des sphérules tout à fait comparables ont une origine extra-terrestre. Elles sont bien connues dans les dépôts océaniques de grande profondeur où la sédimentation a été extrêmement lente et où, de ce fait, elles existent en quantité non négligeable. La démonstration de leur origine météorique a été apportée non seulement par leur présence sur la Lune, mais encore en étudiant leurs retombées actuelles. Ainsi, J. Rosinsky écrit en 1970 : « Les sphérules furent recueillies en filtrant un grand volume d'air, à différentes latitudes, d'août à octobre 1967; la présence simultanée de maxima de concentration dans toutes les stations exclut la possibilité d'une origine terrestre de ces particules. La dimension et la densité des sphérules furent utilisées pour calculer le temps probable de chute et ainsi identifier les courants météoriques dont elles provenaient » [15].

Les sphérules extra-terrestres sont probablement formées par la fusion de particules microscopiques pendant leur entrée dans l'atmosphère ou par la fragmentation de météores plus gros [15]. Leur dimension varie de 0,1 à 230 microns de diamètre. D'après T. Laevastu et O. Mellis « l'absence de sphérules de diamètre supérieur à 230 microns serait due au fait que toutes les particules cosmiques de plus de 250 microns de diamètre sont interceptées par Jupiter et, de ce fait, ne peuvent atteindre la Terre » [13]. Ces auteurs ont calculé que 264 000 sphérules extra-terrestres atteignent chaque année chaque kilomètre carré de la surface terrestre, ce qui correspond à un apport de 26,4 sphérules par mètre carré et par siècle. Ces particules météoriques sont creuses et ressemblent fort aux billes d'origine industrielle.

Les particules magnétiques que nous avons recueillies à la surface du sol peuvent donc avoir pour origine soit l'industrie sidérurgique, soit l'arrivée de météores dans la haute atmosphère. Il nous a été impossible de les distinguer les unes des autres. Toutefois, la quantité de sphérules extra-

terrestres qui arrivent sur la Terre est, comme nous venons de le voir, peu importante et la chance d'en trouver, en prélevant quelques grammes de terre, est de ce fait très faible. Cette conclusion a été vérifiée en recherchant ces particules dans un profil de sept mètres de loess à Rocourt, près de Liège. Parmi les 50 échantillons de 150 g qui ont été lavés et traités, 24 contenaient des sphérules magnétiques, mais en quantité très faible (1 à 3 par échantillon); comme nous allons le voir, les billes industrielles qui existent à la surface du sol sont beaucoup plus nombreuses.

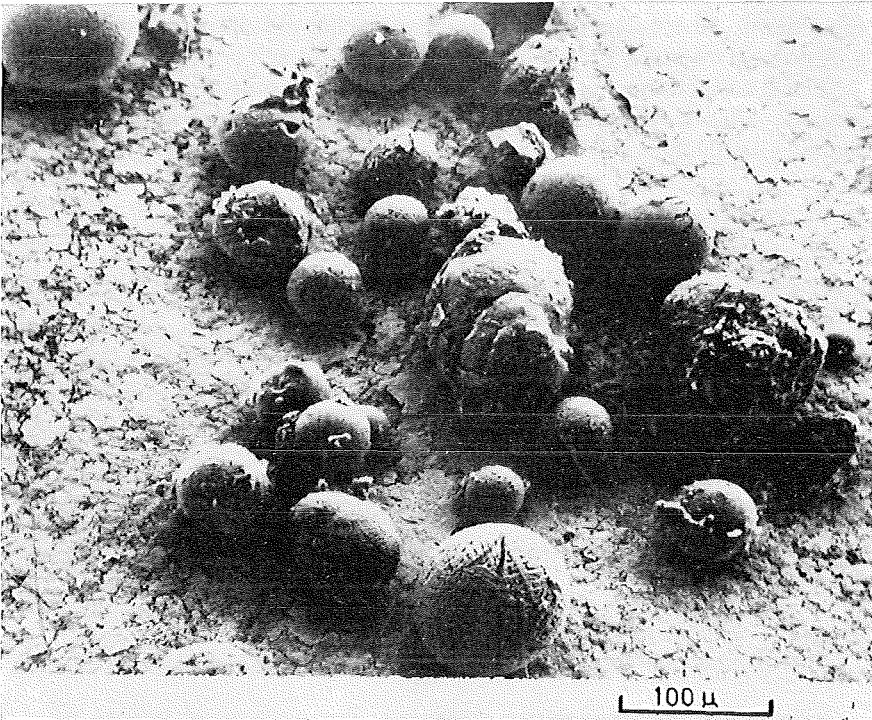


FIG. 1. — Sphérules magnétiques étudiées.

Photo prise à l'Institut National des Industries Extractives (INIEX), Liège.

Les poussières sidérurgiques que nous avons étudiées (fig. 1) sont sombres, à éclat généralement métallique; elles sont creuses et magnétiques à cause d'une teneur élevée en fer. Leur diamètre est compris entre 10 et 735 microns. Il est probable que des sphérules plus petites existent, mais nous n'avons pas pu les distinguer avec le binoculaire utilisé. Un gradient de densité réalisé par E. Juvigné, assistant au laboratoire de géographie physique de l'Université de Liège, a indiqué que la densité des billes sidérurgiques varie entre 2 et 4.

II. — MÉTHODE DE TRAVAIL

A. — RÉCOLTE DES ÉCHANTILLONS

Un quadrillage résultant du tracé de droites nord-sud, espacées de 3 km et de droites est-ouest, espacées de 2,5 km a été réalisé sur la carte de Liège au 1/50 000. Plus tard, un quadrillage semblable mais avec un espacement de droites nord-sud et est-ouest de 10 km a été dessiné sur les cartes au 1/100 000 de Liège, Dinant et Malmédy. En chaque point d'intersection des droites nord-sud et est-ouest, nous avons recueilli avec une pelle des échantillons du sol superficiel. Ces prélèvements ont été réalisés de façon à disposer d'un matériau représentatif des 10 centimètres supérieurs du sol.

Dans leur grande majorité, les échantillons furent récoltés dans des prairies, afin de disposer de prélèvements comparables en des milieux toujours semblables.

B. — PRÉPARATION

Pour chaque échantillon, nous avons traité 20 g de terre que nous avons lavée à l'eau. Après avoir laissé reposer la préparation pendant 24 heures, nous avons versé le liquide en éliminant ainsi les particules de 2 microns et moins qui y restaient en suspension. Il est en effet impossible de distinguer au binoculaire les particules de moins de 10 microns.

Après avoir fait sécher le matériau restant, nous l'avons dissocié en le broyant légèrement avant d'y promener un aimant à main Clausthal. Celui-ci nous permettait de recueillir les poussières magnétiques contenues dans l'échantillon. Grâce à leurs caractéristiques et surtout à leur forme, nous avons pu alors reconnaître les billes comprises dans cette fraction du sédiment.

III. — DISTRIBUTION DES BILLES DANS LA RÉGION LIÉGEOISE (3)

Dans la région liégeoise, le nombre de billes est, dans 20 g de terre, généralement supérieur à 100. La figure 2 montre plus de 600 sphérules par 20 g de terre dans une zone comprenant Seraing et Ougrée, la ville de Liège, l'île Monsin et la région de Chaudfontaine.

Le nombre le plus élevé de billes est observé au Val Benoît (plus de 1 100 sphérules par 20 g de terre). Toutefois, ce maximum, de même que l'importance des retombées dans la ville même, devraient être confirmés par de nouveaux comptages. En effet, dans cette zone densément construite,

(3) Le territoire considéré est celui que couvre la carte 42 au 1/50 000 de l'Institut géographique militaire.

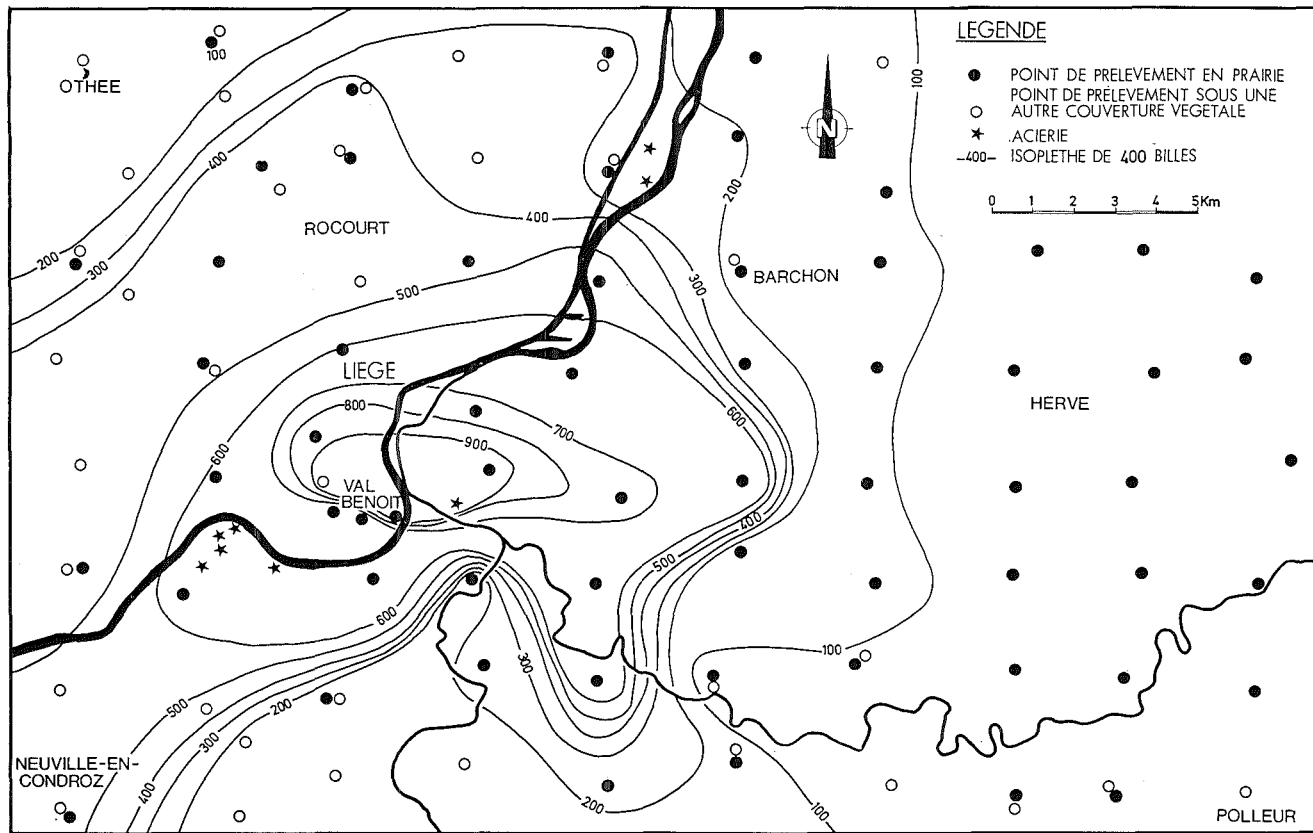


FIG. 2. — Nombre de sphérules magnétiques contenues dans 20 g de terre prélevés dans la couche superficielle du sol, sur le territoire couvert par la carte 42 (Liège) au 1/50 000 de l'Institut géographique militaire.

des terres ont pu être apportées et nos résultats pourraient ainsi être faussés. L'échantillon du Val Benoît, par exemple, bien que prélevé dans la plaine alluviale de la Meuse, était formé d'une terre très noire faisant penser aux matériaux constituant les terrils. Il est vraisemblable que cette terre provenait d'un remblayage lors de la construction des bâtiments; nous aurions de ce fait compté non seulement les billes déposées au Val Benoît, mais aussi d'autres qui ont été amenées avec des remblais.

Nous avons observé des sphérules dans tous les échantillons prélevés, ce qui prouve que les aciéries polluent des zones très vastes. De plus, l'analyse de cette carte nous permet de préciser que trois facteurs influencent la répartition des billes. Ce sont essentiellement la localisation des points d'émission, la direction des vents et la nature de la couverture végétale. Chaque facteur pris séparément va nous permettre de mieux expliquer les résultats présentés dans la figure 2.

A. — LOCALISATION DES POINTS D'ÉMISSION

Les points d'émission des sphérules magnétiques, à savoir les aciéries de Seraing et d'Ougrée, sont compris dans la zone de pollution très importante qui comprend plus de 600 billes par 20 g de terre. La direction des vents explique, comme nous le verrons plus loin, que ces usines ne soient pas au centre de cette zone.

L'activité industrielle ancienne est à l'origine de l'importance des retombées à Chaudfontaine : nous savons en effet que des forges y ont fonctionné du XVI^e au XVIII^e siècle.

La situation aux environs des usines de Chertal peut paraître anormale : nous y observons moins de 250 billes par 20 g de terre. Mais il faut se rappeler que ces aciéries ne fonctionnent que depuis 1963. Les projections, d'ailleurs réduites par l'emploi d'électrofiltres dès la mise en activité des usines, ne sont sans doute pas suffisantes pour permettre l'apparition dans nos comptages de retombées importantes près des aciéries après dix ans d'activité.

B. — LES VENTS

En étudiant les roses des vents caractéristiques de la région liégeoise réalisées par Hufty ([11] et [12]) et Collard et Bossy [1], nous constatons que les vents sont canalisés par la vallée de la Meuse. Les vents les plus fréquents ont donc la même orientation que le fleuve. L'importance des retombées entre Seraing et l'île Monsin est partiellement expliquée par la direction des vents dominants.

C. — LA VÉGÉTATION

Afin d'étudier le rôle joué par la végétation dans la fixation des poussières, nous avons prélevé, au même endroit, des échantillons sous différentes couvertures végétales.

Nous avons ainsi constaté que, généralement, les sols des bois et des champs contenaient un nombre de billes plus élevé que celui des prairies. Sellers [16] fournit une explication à ce fait : la hauteur de la masse d'air freinée à la partie supérieure de la couverture végétale, et immobilisée au sein de celle-ci, dépend de la nature de cette dernière. Ainsi la couche d'air immobile est plus importante dans les bois que dans les champs, dans les champs que dans les prairies. Suite à l'absence de mouvement, l'air dépose les sphérules qu'il contient; les billes sont d'autant plus nombreuses que la couche d'air est épaisse, ce qui explique les différences observées. Cette influence de la végétation se marque nettement suivant un axe nord-sud passant par Ougrée et Seraing : l'aire de retombée des sphérules est plus restreinte au sud de la Meuse qu'au nord, car le versant boisé du sud fixe une quantité de poussière plus grande que les champs et les prairies du plateau de Hesbaye.

IV. — EXTENSION DES RETOMBÉES

En étudiant la planche 42 (Liège) de l'Institut Géographique Militaire, nous n'avons pas atteint les limites de l'aire de retombée des billes provenant de la sidérurgie, puisque nous avons observé des sphérules dans tous les échantillons que nous y avons prélevés. Aussi avons-nous poursuivi notre étude sur un territoire plus vaste : celui couvert par les cartes de l'Institut Géographique Militaire au 1/100 000 de Liège, Dinant et Malmédy.

Pour cette étude, nous avons quelque peu modifié notre méthode de travail : nous nous sommes contentée d'observer les 100 premières billes de chaque échantillon de 20 g de terre. La terre était prélevée suivant un quadrillage dont les mailles avaient 10 km de côté. Enfin, rappelons que tous les prélèvements furent effectués dans des prairies pour les raisons exposées ci-dessus.

Après l'analyse de ces nouveaux échantillons, nous avons constaté que les billes sidérurgiques se retrouvent sur tout le territoire considéré. Toutefois, elles peuvent provenir d'usines actuelles, aussi bien que d'anciennes forges.

La figure 3 nous montre que les sphérules d'aciéries sont transportées jusqu'à 20 à 25 km des points d'émission. Nous considérons, en effet, que l'isoplèthe de 20 billes marque la limite de l'aire d'influence d'une usine : pour des valeurs inférieures, l'origine exacte des sphérules devient parfois difficile à déterminer.

Au sud de la Meuse, nous observons une dizaine de points, dont Chevron et Malmédy, où le nombre de billes dépasse 20 par 20 g de terre; c'est la conséquence, pensons-nous, d'une activité industrielle ancienne. En comparant la localisation de ces maxima avec celle des forges et marteaux renseignés dans la littérature (fig. 4), nous voyons, en effet, que certains points

(par exemple Chevron) coïncident avec l'emplacement d'anciennes usines. D'autres prélèvements, comme celui de Méan, comprennent aussi individuellement des billes magnétiques provenant de l'activité de forges anciennes. Une étude plus détaillée de la région de Chevron confirme que l'aire de dispersion des sphérules anciennes ne peut guère dépasser un rayon de 10 km. Aussi pouvons-nous affirmer que les maxima indiqués dans la figure 3 résultent bien d'activités industrielles anciennes.

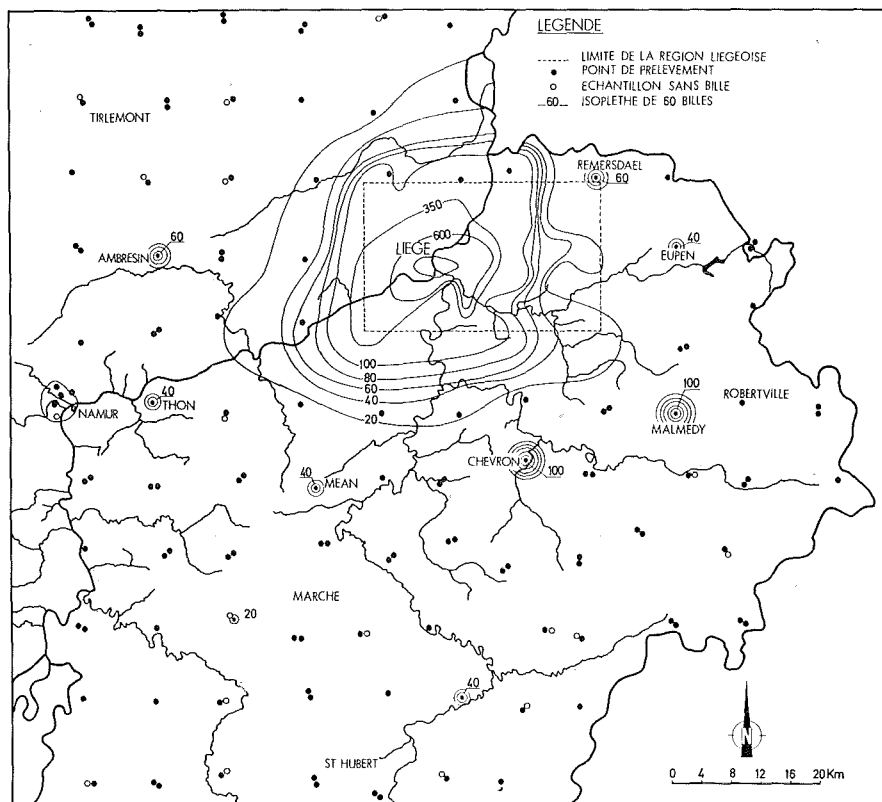


FIG. 3. — Nombre de sphérules magnétiques contenues dans 20 g de terre prélevés dans la couche superficielle du sol, sur le territoire couvert par les cartes au 1/100 000, de Liège, Dinant et Malmédy de l'Institut géographique militaire.

Cette correspondance entre le maximum et le lieu d'activité industrielle est confirmée par l'étude de trois paramètres :

- le diamètre maximum, diamètre de la plus grosse bille de l'échantillon;
- le diamètre médian, diamètre de la bille occupant la position centrale dans l'échantillon lorsque toutes les sphérules sont classées par ordre de grandeur;

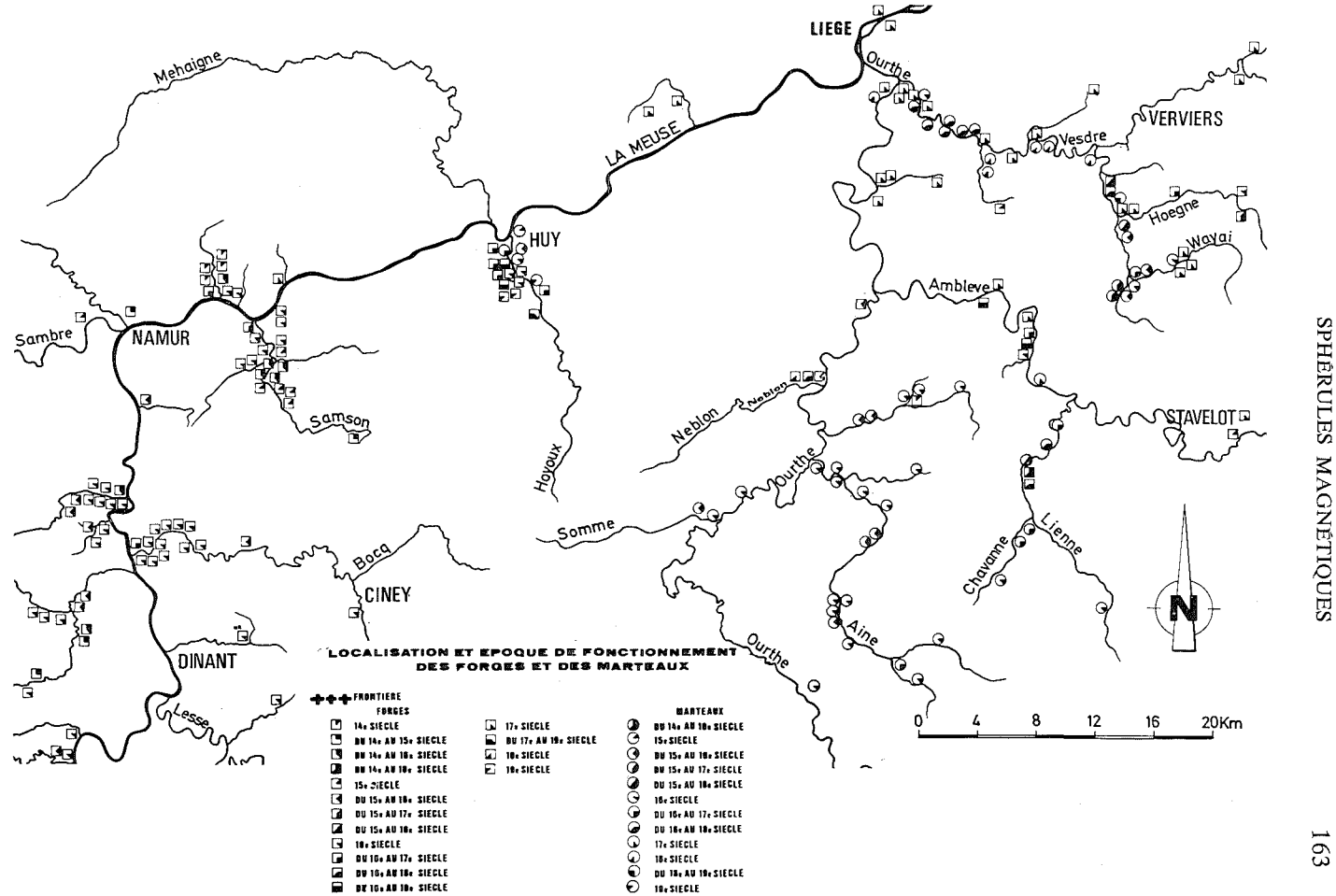


FIG. 4. — Localisation des marteaux et forges mentionnés dans la littérature.

— le diamètre moyen, moyenne arithmétique des diamètres de toutes les billes de l'échantillon.

Quel que soit le paramètre considéré, nous avons observé des maxima pour les échantillons prélevés à proximité des points d'émission connus. De plus, la présence des forges non signalées dans la littérature, à proximité des maxima de la figure 3, fut confirmée par une valeur maximum de ces paramètres en différents points et, en particulier, dans la région de Malmédy.

Il semble donc qu'en multipliant les échantillons, on pourrait découvrir, grâce aux billes produites, des centres sidérurgiques anciens dont les textes historiques ne font pas mention.

Remarquons pour terminer qu'à l'exception de la vallée de la Meuse, l'influence de la direction des vents dans le transport des poussières ne se marque pas. Mais il s'agit en fait d'une conséquence de la dimension des mailles du quadrillage, mailles trop vastes pour permettre une analyse très détaillée de la région choisie.

V. — CONCLUSION

Notre étude a montré l'extension de la pollution par les aciéries grâce aux billes projetées par ces usines. L'aire de dispersion de ces sphérules est vaste puisqu'elles se répartissent jusqu'à plus de 20 km des points d'émission. Nous avons également constaté que les anciennes forges avaient aussi été une source de poussières magnétiques, mais que leur répartition était étroitement localisée.

La distribution des billes dépend de divers facteurs : localisation des points d'émission, orientation des vents, végétation, comme nous l'avons précisé pour la région liégeoise dans la première partie de ce travail.

De plus, en appliquant notre méthode d'analyse, nous avons montré qu'il est possible de découvrir des centres industriels anciens dont la littérature ne fait pas mention.

Enfin, étant donné la fréquence des billes sur les quelque 9 300 kilomètres carrés que nous avons étudiés, nous pensons que, de même que J. Henrottay les a utilisées dans l'étude d'alluvions, il sera possible d'utiliser ces sphérules comme repère stratigraphique dans des travaux consacrés à l'évolution récente des versants.

*(Laboratoire de Géologie et Géographie physique
de l'Université de Liège)*

BIBLIOGRAPHIE

- [1] COLLARD J. et BOSSY L. — *Esquisse climatologique*. Plan d'aménagement de la région liégeoise, première partie : *L'Enquête*. Ministère des Travaux Publics et de la Reconstruction de Belgique, Administration de l'Urbanisme et de l'Aménagement du Territoire, Bruxelles, 1960, pp. 77-80.
- [2] GILLARD A. — *L'industrie du fer dans le comté de Namur et l'Entre-Sambre-et-Meuse de 1365 à 1600*, Mémoire de licence en Philosophie et Lettres, Liège, 1955-1956 (inédit).
- [3] GRISARD-DOTREPPE N. — *Contribution à l'étude de la pollution atmosphérique par les poussières de cokeries*. Mémoire présenté pour l'obtention du grade de docteur en Sciences chimiques, Liège, 1968-1969, pp. 4-78 (inédit).
- [4] HANSOTTE G. — *L'industrie métallurgique dans la vallée de la Vesdre aux temps modernes*, Liège, 1962.
- [5] HANSOTTE G. — *L'industrie métallurgique dans le bassin de la Hoegne aux temps modernes*, dans *Bull. de l'Institut archéologique liégeois*, t. LXXVI, 1963, pp. 5-44.
- [6] HANSOTTE G. — *Contribution à l'histoire de la métallurgie dans le bassin du Hoyoux aux temps modernes. L'évolution du paysage industriel. Les usines*, dans *Bull. de l'Institut archéologique liégeois*, t. LXXX, 1967, pp. 59-90.
- [7] HANSOTTE G. — *La métallurgie dans les bassins de l'Amblève et l'Ourthe stavelotaine et limbourgeoise 1393-1846*, dans *Folklore Stavelot-Malmédy-Saint-Vith*, t. XXXII, 1968, pp. 97-128.
- [8] HANSOTTE G. — *La métallurgie wallonne au XVI^e et dans la première moitié du XVII^e siècle. Essai de synthèse*, dans *Bull. de l'Institut archéologique liégeois*, t. LXXXIV, 1972, pp. 21-42.
- [9] HENROTTAY J. — *Etude de la sédimentation de quelques rivières au cours des sept derniers siècles par l'observation de résidus de l'industrie du fer ancienne*. Mémoire de licence en Sciences géographiques, Univ. de Liège, 1972 (inédit).
- [10] HENROTTAY J. — *La sédimentation de quelques rivières belges au cours des sept derniers siècles*, dans *Bull. Soc. géogr. de Liège*, n° 9, 1973, pp. 101-115.
- [11] HUFTY A. — *Climatologie*, dans *Cahiers du Sart Tilman*, t. II, Liège, 1964, pp. 44-51.
- [12] HUFTY A. — *Les climats locaux dans la région liégeoise*, Thèse présentée pour l'obtention du grade de docteur en Sciences géographiques, Univ. de Liège, 1965, 385 p. (inédit).
- [13] LAEVASTU T. et MELLIS O. — *Extraterrestrial material in deep-sea deposits*, dans *American Geophysical Union*, vol. 36, n° 3, juin 1955, pp. 385-389.
- [14] LUCASSEN F. — *La sidérurgie liégeoise face au mouvement de concentration : localisation des usines et harmonisation des unités de production*, dans *Revue de la Soc. d'Etudes et d'Expansion*, 72^e année, n° 257, 1973, pp. 588-608 et *Travaux géographiques de Liège*, n° 161, 1970.
- [15] ROSINSKY J. — *Extraterrestrial magnetic spherules : their association with meteor showers and rainfall frequency*, dans *Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics*, vol. 32, 1970, pp. 805-827.
- [16] SELLERS W. D. — *Physical Climatology*, Chicago, 1965, pp. 148-155.
- [17] YERNAUX J. — *La métallurgie liégeoise et son expansion au XVII^e siècle*, Liège, 1939.

