

Le tremblement de terre survenu à Liège, le 8.11.1983. Etude macroséismique et signes prémonitoires des animaux

Michèle FRANÇOIS, Albert PISSART et Jean-Paul DONNAY (Liège)

ABSTRACT.- A macroseismic map compiled by computer after an earthquake of magnitude 4.9 (Liège, 8.11.83) shows that the shock was probably related to the Rhine graben and that coal mining amplified ground shakings.

Numerous abnormal animal behaviors were reported to have occurred immediately before the quake. Their relative number varied directly with the value of the macroseismic intensity on the map.

KEYWORDS. - Earthquake, macroseismic research, coal mining, Rhine graben, abnormal animal behavior.

1.- INTRODUCTION

Le 8 novembre 1983, à 0h50 minutes, une violente secousse a ébranlé la région liégeoise, provoquant de nombreux dégâts aux immeubles et une profonde émotion parmi la population. Par chance, ce séisme est survenu pendant la nuit, au moment où les rues de la ville étaient désertes, car la chute de nombreuses pierres détachées des façades ainsi que l'effondrement de cheminées auraient, à un autre moment, fait de nombreuses victimes. Une seule personne a perdu la vie suite à un pareil accident. Les communes les plus touchées furent Saint-Nicolas, Glain, Montegnée, Liège, Seraing, Ans et Grâce-Hollogne.

L'intensité de ce séisme a atteint VII, voire localement VIII sur l'échelle de Mercalli (modifiée). Sa magnitude a été de 4,9 sur l'échelle de Richter et sa profondeur a été estimée à environ 4 km (T. Camelbeek et M. De Becker, 1984).

La reconstitution du mécanisme au foyer, résultant de l'analyse des enregistrements sismiques recueillis par les observatoires de Belgique et des pays voisins, s'est révélée très malaisée, en raison spécialement de l'éloignement des sismographes. Les diverses interprétations publiées le montrent parfaitement (L. Ahorner et R. Pelzing, 1985; T. Camelbeek et M. De Becker, 1985; S. Faber et K.P. Bonjer, 1985; H. Haessler, 1985). Aussi l'origine du séisme a-t-elle fait l'objet de nombreuses discussions, la majorité des auteurs s'efforçant de l'expliquer par un rejou de failles reconnues dans le sous-sol houiller liégeois.

Afin de disposer de renseignements originaux, nous avons diffusé par l'intermédiaire de plusieurs écoles, quelques jours après le séisme, environ 2 500 questionnaires macroséismiques. Les questions posées portent sur l'impression ressentie par les habitants et les dégâts survenus aux immeubles. Elles ont été établies de façon à pouvoir définir en chaque point l'intensité de la secousse selon l'échelle de Mercalli (modifiée).

Distribution des 1663 points de notre enquête
à travers le territoire liégeois.

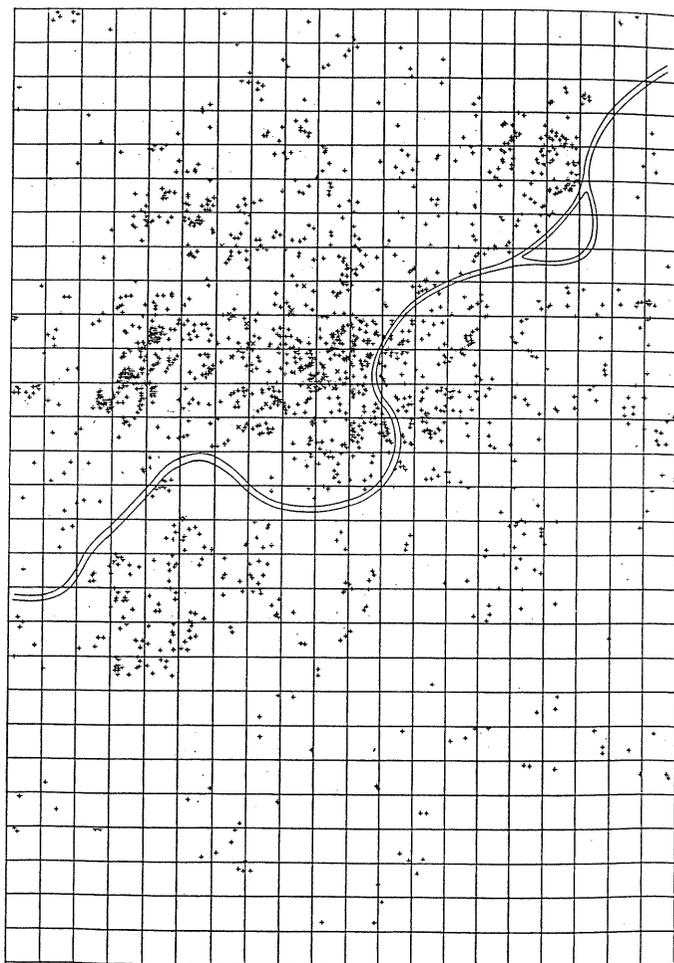


Figure 1.- Localisation des points de l'enquête macroséismique (réalisée après le tremblement de terre de Liège du 8.11.83) qui ont servi à réaliser la carte donnée à la figure 2.
Localities of survey points (macroseismic inquiry carried out after the Liège-earthquake of November 8, 1983).

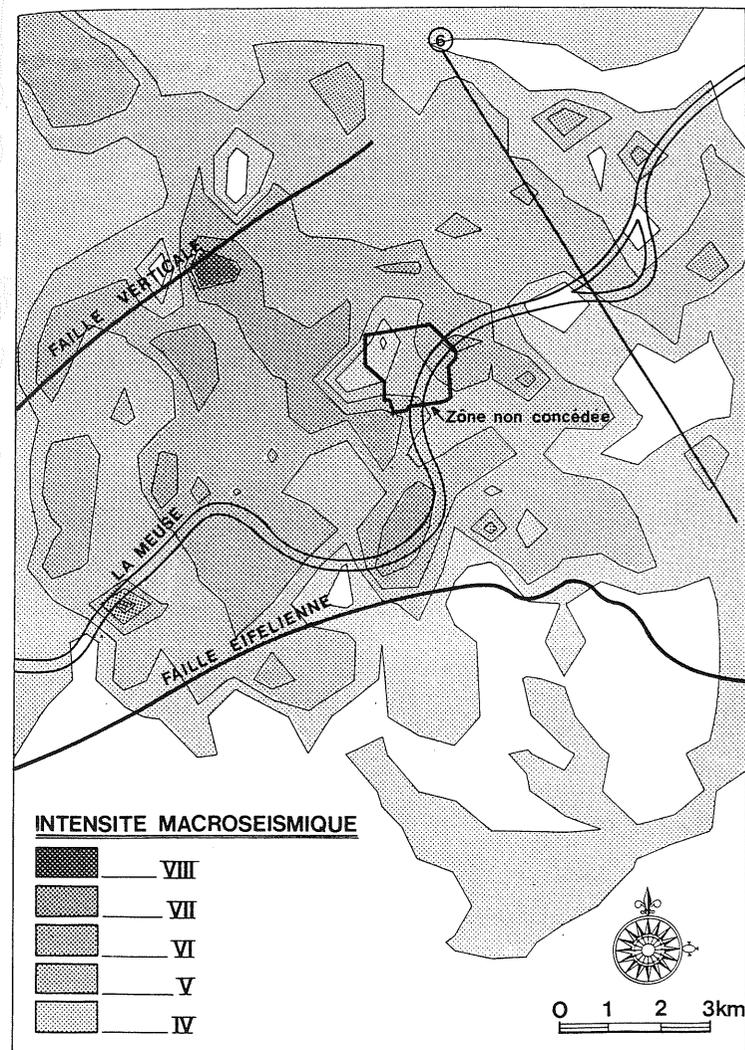


Figure 2.- Carte macroséismique du tremblement de terre de Liège du 8.11.83 obtenue par ordinateur au moyen de programmes SAS/GRAPH et à partir des points d'enquête dont la distribution est donnée sur la figure 1.
Macroseismic map of the Liège-earthquake of November 8, 1983 carried out with SAS/GRAPH programs on the data obtained at the survey points.

Les données ainsi rassemblées (fig. 1) ont permis la réalisation par ordinateur de la carte macroséismique reproduite sur la figure 2. Il convient de remarquer que notre façon de procéder s'écarte de la méthode généralement utilisée. En effet, les cartes macroséismiques sont habituellement construites en considérant l'intensité modale des dégâts (c'est-à-dire à peu près l'intensité moyenne) pour un ensemble de quartiers ou pour une commune toute entière. De la sorte, l'influence des différences de résistance des immeubles ainsi que les effets de site n'entrent guère en ligne de compte.

Signalons encore que, comme la secousse a pris naissance sous l'agglomération liégeoise proprement dite, nous avons disposé d'un grand nombre de points d'observation sur un petit territoire, ce qui a permis l'établissement d'une carte fort détaillée, dont nous allons analyser ci-dessous les renseignements.

Le questionnaire diffusé pour cette enquête macroséismique comportait plusieurs questions se rapportant aux éventuels comportements anormaux des animaux qui auraient été observés avant le tremblement de terre. La seconde partie du présent article présente l'ensemble des résultats obtenus à ce sujet.

2.- LA CARTE MACROSEISMIQUE ET SES ENSEIGNEMENTS

2.1.- LA CONSTRUCTION DE CETTE CARTE

La figure 1 présente la localisation des 1 663 réponses recueillies sur le territoire du plan au 1/15 000 de l'agglomération liégeoise que nous avons considéré comme support, ce document nous ayant permis de trouver le nom de toutes les rues. Le quadrillage représenté sur cette figure est le même que celui du document de base.

La répartition des points d'observation montre que la fiabilité de cette carte est inégale. Les données sont nombreuses, spécialement au N de la Meuse, dans la zone épiscopale et le centre-ville. Elles se dispersent considérablement vers le S.

A partir de ces données, plusieurs cartes ont été construites par ordinateur par l'un de nous (J.P. Donnay), en utilisant les programmes G3GRID et G. Contour de la bibliothèque de programmes SAS/GRAPH. Nous reproduisons celle que nous avons déjà donnée dans les *Annales de la Société Géologique de Belgique* (M. François et al., 1986) et qui fait bien apparaître les faits que nous décrivons ci-dessous.

Nous attirons l'attention du lecteur sur le fait que diverses cartes ont été réalisées. Toutes montraient, à différents degrés, les caractéristiques que nous décrivons ci-dessous, même celle réalisée en tenant compte seulement de 657 données de maisons construites après 1960. En conséquence, nous ne pensons pas que l'influence des déhouillements que nous allons invoquer ci-dessous (point 2.3) puisse résulter uniquement d'une faiblesse des immeubles et non, comme nous le proposons, d'une amplification de la secousse.

2.2.- LA ZONE D'INTENSITE MAXIMUM EST ORIENTEE NO-SE

Cette orientation extrêmement nette sur la figure 2 apparaît également sur la carte des dégâts majeurs donnée par Camelbeek et De Becker (1984)

ainsi que sur les cartes publiées par Aspinall et King (1985) et Phillips (1985). Cette orientation, évidente sur tous ces documents, n'a guère été soulignée.

En effet, l'étude du mécanisme au foyer montre que les plans le long desquels ont joué les blocs séismotectoniques sont orientés NNO-SSE ou OSO-ENE (L. Ahorner et R. Pelzing, 1985). Mais les spécialistes ont préféré le plan OSO-ENE au plan NNO-SSE en raison de la géologie locale, parfaitement connue grâce aux exploitations minières.

Toutefois l'orientation NO-SE, très nette sur les documents cités ci-dessus, correspond à l'orientation des failles du graben du Rhin inférieur, dont les dernières manifestations ont été observées à moins de 20 kilomètres à l'est de Liège (A. Demoulin, 1985). Admettre que la zone d'action du graben du Rhin s'étend actuellement jusqu'à la région liégeoise ne paraît nullement une hypothèse aventureuse, d'autant plus que la même orientation NO-SE a déjà été décelée lorsque sont survenus dans la région liégeoise les séismes du 12 novembre 1908 (M. Lohest et H. de Rauw, 1908-1909), du 20 février 1921 (M. Lohest et J. Anten, 1920-1921), du 23 février 1925 (P. Fourmarier, 1925-1926) et du 14 janvier 1928 (P. Fourmarier et O. Somville, 1930).

Notre carte macroséismique ne montrant aucune relation avec les accidents géologiques orientés SO-NE du bassin houiller liégeois, nous proposons donc d'y voir une origine géologique différente, à savoir un mouvement en relation avec l'élargissement du graben du Rhin inférieur. Cette influence commence sans doute seulement à se propager sur ce territoire, car des failles ayant cette orientation ne sont pas actuellement connues dans le bassin houiller. Signalons en faveur de cette hypothèse que les observations recueillies sur le terrain par Monsieur l'architecte Plumier (conférence faite devant la Société géographique de Liège en décembre 1984) indiquaient que la secousse avait une orientation plus ou moins méridienne, en parfait accord avec notre interprétation.

Notons enfin que Aspinall et King (1985), quant à eux, attribuent la direction NO-SE de la zone de dommages maximum aux effets de la topographie. Nous avons également étudié ces différents aspects, mais leur influence nous est apparue moins nettement que celle liée à l'activité du graben du Rhin inférieur.

2.3.- LA SECOUSSE SEISMIQUE A ETE AMPLIFIEE PAR LES DEHOUILLEMENTS

La carte macroséismique (fig. 2) montre que l'intensité de la secousse a diminué considérablement à proximité des limites, tant septentrionales que méridionales, du bassin houiller. En outre, la nette diminution d'intensité, relevée approximativement sous la zone non concédée de Liège, au milieu du bassin houiller (fig. 2), indique que l'intensité plus forte observée dans l'ensemble de ce bassin n'est pas liée aux propriétés des roches carbonifères elles-mêmes, mais bien au déhouillement de celles-ci. Il est d'ailleurs aisé de concevoir que, suite au tassement des roches surmontant les couches exploitées, la secousse a été amplifiée dans les zones déconsolidées. La superposition de la coupe 6 de Humblet (Humblet, 1941, 21 p.) et d'un profil d'intensité suivant le même tracé NNO-SSE (fig. 3) confirme d'ailleurs cette interprétation : l'intensité est nettement moindre dans la zone du double anticlinal de Cointe et de la Chartreuse où, en l'absence de couches de charbon, aucune exploitation n'a été réalisée. Une étude plus détaillée des influences minières est poursuivie actuellement par l'un de nous (M. François) afin de mieux cerner l'influence de ces exploitations.

Profil d'intensité le long de la coupe 6 de HUMBLET.

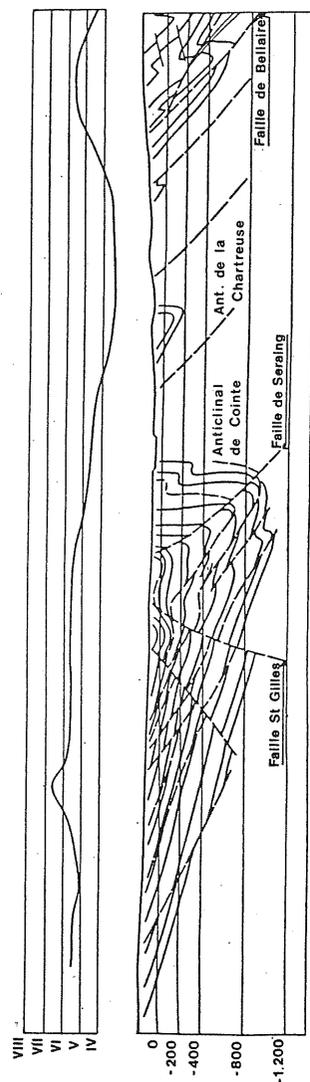


Figure 3.- Distribution de l'intensité macroseismique du tremblement de terre de Liège du 8.11.1983 selon le profil 6 de Humblet (1941). La localisation de ce profil est donnée sur la figure 2.

Distribution of macroseismic intensity of the Liège-earthquake along the Humblet's geological section n° 6 (1941). The location of this section is given in figure 2.

2.4.- L'INTERET APPLIQUE DE L'ETUDE MACROSEISMIQUE

Cette carte macroséismique présente un intérêt qui dépasse la question académique de savoir ce qui s'est passé le 8 novembre 1983. En effet, comme cette secousse a été particulièrement importante pour la Belgique, il est fondamental, pour évaluer l'intensité que l'on peut attendre en des sites particuliers comme celui des centrales nucléaires de Tihange, de déterminer les causes premières de la secousse. Le risque pour Tihange n'est pas semblable si la secousse résulte de l'élargissement du graben du Rhin inférieur, ou si, comme d'autres l'ont défendu, il s'agit du rejeu de failles parallèles à l'axe du bassin houiller. Dans ce dernier cas, en effet, un événement semblable peut très bien survenir directement sous les centrales mentionnées, alors que le phénomène ne peut guère y être attendu dans l'hypothèse que nous présentons ici.

Soulignons aussi que la carte macroséismique, en faisant apparaître clairement des effets de site, dont le principal consiste en l'amplification de la secousse dans la zone déhouillée, fournit des indications précieuses pour adapter à l'importance du risque les mesures paraséismiques qui pourraient être prises dans les constructions futures.

L'influence jouée par le déhouillement a peut-être dépassé celle d'une simple amplification des secousses. Comme A. Delmer l'a supposé avant nous (A. Delmer, 1986), il est vraisemblable que la fin des déhouillements et de l'exhaure des eaux des mines a permis le rétablissement d'une pression dans la nappe aquifère profonde qui a facilité le déclenchement du séisme. Il est, de la même manière, actuellement bien connu que la mise sous eau de barrages déclenche l'apparition de secousses sismiques qui ont tout d'abord été interprétées comme résultant d'une surcharge à la surface de la couche terrestre, mais qui sont maintenant expliquées par une augmentation de quelques dizaines de bars de la pression de l'eau interstitielle existant dans la roche. L'exploitation minière, en diminuant la pression hydrostatique en profondeur, aurait permis aux tensions de s'élever au-delà des valeurs normalement atteintes et ces tensions se seraient relâchées ultérieurement suite au retour à une pression hydrostatique normale.

3.- LES SIGNES PREMONITOIRES DES ANIMAUX

3.1.- CONNAISSANCES ACTUELLES

En février 1975, le grand tremblement de terre survenu à Haicheng en Chine ($M = 7.3$ sur l'échelle de Richter) a été prédit quelques temps à l'avance. La prédiction de ce séisme était basée principalement sur les présecousses enregistrées par les instruments sismiques et fut renforcée par les réactions anormales des animaux (lettre du professeur Wang Nai-Liang de l'Université de Pékin). Grâce aux mesures préventives qui avaient été prises, cette grande secousse n'a fait que 300 morts !

Cet énorme succès dans la prédiction d'un tremblement de terre a eu un grand retentissement dans le monde et l'intérêt des scientifiques pour ce domaine s'est vivement accru. Toutefois, un an et demi après ce tremblement de terre, dans la même région, le séisme de Tangshan ($M = 8.2$) a provoqué la mort de 850 000 personnes sans qu'aucun avertissement n'ait été donné à la population !

Il n'empêche que suite au succès spectaculaire de la prédiction du tremblement de terre de Haicheng, une mission de sismologues américains s'est

rendue en Chine pour y étudier la manière dont la prévision du séisme avait été réalisée.

Rentrés aux Etats-Unis, les experts du U.S. Geological Survey, très impressionnés par le rôle qu'avaient joué les animaux, organisèrent un colloque. Celui-ci rassemblait géologues, géophysiciens et biologistes dans le but de faire la synthèse des connaissances sur le sujet et de poser les hypothèses qui permettraient d'expliquer les comportements observés (J. Everdern, 1976).

L'ensemble des données recueillies montre que, dès l'Antiquité, des signes prémonitoires des animaux ont été observés dans le monde entier. Les témoignages sont multiples et concernent des comportements divers, mais traduisant généralement une anxiété et une agitation croissantes. Il est évidemment impossible dans le présent article de vouloir en tenter une énumération exhaustive. Certains de ces comportements, comme par exemple la sortie de terre de serpents qui, en plein hiver, viennent mourir sur le sol gelé, ou l'apparition à la surface de la mer de poissons de grandes profondeurs ne laissent subsister aucun doute quant à l'existence de comportements anormaux.

A titre d'exemple, nous reprendrons les comportements anormaux ayant précédé le séisme de Haicheng, tels que nous les a décrits le Professeur Wang Nai-Liang de l'Université de Pékin dans une lettre qu'il nous a adressée le 3 janvier 1985 :

"Les serpents sortaient de leurs trous un mois et demi avant le séisme. La plupart ont été retrouvés gelés. Les fourmis, rats et souris ont déserté leurs nids en emportant leurs petits. Ils couraient partout en groupes, très désorientés et ne craignant même pas les chats. Les grenouilles furent trouvées dans les champs, gelées. Les oies volaient partout. Les poules et les canards étaient en panique et se perchaient sur les arbres. Les poissons montaient à la surface de l'eau et sautaient sur la rive. Les chevaux refusaient de manger et de retourner à l'écurie et rompaient leurs brides. Les chiens aussi refusaient la nourriture et semblaient agressifs et déprimés. Les vaches beuglaient et refusaient nourriture et étables, les moutons de même, ainsi que les cochons. Les pigeons ont déserté leurs nids jusqu'après le séisme".

"Les comportements anormaux des animaux se sont produits pour les rats dès 46 jours avant le séisme; les serpents, 36 jours; les oies, 25 jours; les poules et les cochons, 15 jours; les chats, quelques jours".

Bien qu'à l'heure actuelle l'existence de réactions prémonitoires chez les animaux ne fait plus aucun doute pour les scientifiques qui se sont intéressés à ce problème (les Instituts de Biophysique et de Zoologie de l'Académie chinoise des Sciences ont reconnu 58 espèces animales pouvant manifester un comportement particulier avant un séisme), il est encore impossible de préciser à quels stimuli les animaux sont sensibles. Des hypothèses diverses ont cependant été formulées que nous ne ferons qu'énumérer ici. Les animaux pourraient être sensibles à des ondes acoustiques ultrabasses, à des chocs mécaniques (les avant-chocs) qui précèdent souvent les tremblements de terre, à des émanations de gaz, comme par exemple de radon, exhalées du sol, et à des phénomènes magnétiques ou électriques. H. Tributsch a étudié avec précision ce phénomène et apporté de nombreux arguments en faveur de l'influence de charges électrostatiques qui auraient pour origine la piézo-électricité due au stress tectonique (H. Tributsch, 1983).

Parmi les travaux les plus récents en prédiction sismique, nous trouvons la méthode de prévision électrique des séismes (projet VAN) mise au point par trois physiciens grecs : P. Varotsos, K. Alexopoulos et K. Nomikos (J.-Ch. Sabroux, 1986). Celle-ci se base sur l'étude de brusques variations observées dans les courants telluriques peu avant l'imminence d'un séisme. Leurs résultats leur permettent d'avancer que, pour une station donnée, le signal séismo-électrique est proportionnel à la distance épicertrale et à la magnitude du séisme, ce signal survenant entre 6 heures et 6 jours avant le séisme.

3.2.- LE COMPORTEMENT DES ANIMAUX AVANT LE SEISME DU 8.11.83 A LIEGE

Comme nous l'avons mentionné plus haut (point 1), notre enquête a également rassemblé des informations sur les signes prémonitoires manifestés par les animaux avant le tremblement de terre que nous étudions. Nous avons été surpris par le grand nombre de témoignages que nous avons recueillis à l'occasion de cette enquête. En outre, de nombreuses autres informations nous sont parvenues, aussi bien pour l'agglomération liégeoise qu'en dehors de celle-ci. Certains de ces signes prémonitoires nous ont été ainsi signalés jusqu'à une centaine de kilomètres de l'épicentre. Toutefois, afin de pouvoir calculer les pourcentages d'animaux ayant réagi, nous n'avons considéré que les réponses fournies par notre questionnaire macroséismique.

Sur un total de 1 663 réponses, 784 proviennent de propriétaires d'animaux, dont 305 déclarent avoir remarqué un comportement particulier de leur animal avant le séisme. Ce nombre absolu de signes prémonitoires est, au vu de la littérature, particulièrement élevé. En effet, un grand spécialiste de la question, T. Rikitake (T. Rikitake, 1981), mentionne seulement 157 cas de réaction pour un tremblement de terre important ($M = 7.0$) qui s'est produit au Japon en 1978.

A Liège, des comportements anormaux ont été rapportés par 39 % des propriétaires d'animaux interrogés; ceci nous semble considérable étant donné qu'une surveillance de ces animaux n'ayant pas été établie à l'avance, il est évident qu'un nombre indéterminé de cas n'a pas été reconnu.

L'enquête s'étant déroulée principalement en milieu urbain, les comportements observés concernent essentiellement des animaux domestiques. Les observations rapportées traduisent généralement des signes d'anxiété et d'agitation. Il est intéressant de noter à ce propos la grande similitude des observations effectuées avec les rapports présentés dans le monde entier.

La carte de la répartition des animaux ayant réagi avant le séisme de Liège ne présente guère d'intérêt. En effet, elle dépend et de la répartition des animaux, et de la distribution de notre questionnaire à travers le territoire étudié. Par contre, lorsque nous considérons et les animaux ayant manifesté un comportement particulier et ceux restés sans réaction, il apparaît que le pourcentage de réactions augmente quand croît l'intensité macroséismique sur la figure 2. Comme le montre la figure 4, 49 % des animaux ont manifesté des signes prémonitoires là où l'intensité a atteint les degrés VII et VIII sur l'échelle de Mercalli modifiée, contre 47 % pour la zone d'intensité VI, 33 % pour la zone d'intensité V et 31 % pour les intensités IV et inférieures. La figure 4 permet en outre de distinguer les pourcentages de réactions selon l'espèce de l'animal (chat, chien ou autres); nous n'osons cependant tirer aucune conclusion en ce

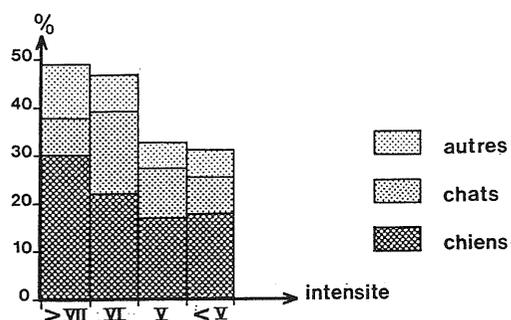


Figure 4.- Pourcentage des animaux ayant manifesté un comportement anormal avant le tremblement de terre de Liège du 8 novembre 1983, pour les différentes plages d'intensité de la carte macroséismique donnée par François, Pissart et Donnay (1986). Nombre d'animaux considérés pour la zone d'intensité supérieure à VII : 106; pour l'intensité VI : 244; pour l'intensité V : 257; pour les intensités inférieures : 177.

Percentage of abnormal animal behaviour before the Liège-earthquake versus macroseismic intensity. Number of animals considered for intensity > or = VII : 106; for intensity VI : 244; for intensity V : 257; for intensity < V : 177.

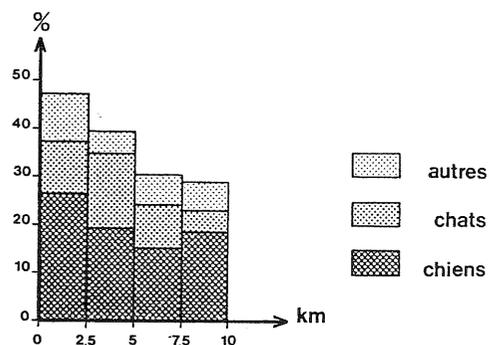


Figure 5.- Pourcentage d'animaux ayant manifesté un comportement anormal avant le tremblement de terre de Liège du 8 novembre 1983, selon des zones concentriques autour de l'épicentre macroséismique. Nombre d'animaux considérés dans un cercle de 2,5 km de rayon autour de l'épicentre : 223; dans la couronne couvrant une zone entre 2,5 et 5 km autour de l'épicentre : 270; entre 5 et 7,5 km : 174; entre 7,5 et 10 km : 87.

Percentage of abnormal animal behaviour before the Liège-earthquake of November 8, 1983 versus macroseismic epicentral distance. Number of animals in each area : from 0 to 2.5 km : 223; from 2.5 to 5 km : 270; from 5 to 7.5 km : 174; from 7.5 to 10 km : 87.

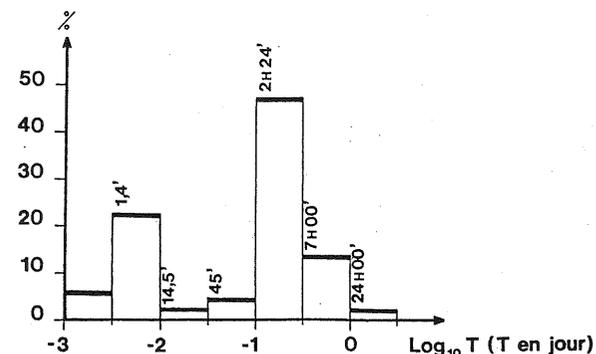


Figure 6.- Répartition selon une échelle de temps logarithmique proposée par Rikitake (1981) des comportements anormaux des animaux avant le tremblement de terre de Liège du 8 novembre 1983.

Moment of abnormal animal behaviour before the Liège-earthquake using Rikitake's logarithmic scale (1981).

qui concerne les différentes espèces en raison du nombre trop limité de cas dont nous disposons pour chacune d'elles.

La figure 5 montre de la même manière que le pourcentage de réactions prémonitoires diminue lorsqu'on s'éloigne de l'épicentre macroséismique.

Le moment de ces réactions anormales avant le tremblement de terre a été considéré comme le propose Rikitake (1981), c'est-à-dire en considérant le logarithme du temps avant la secousse. Comme le montre la figure 6, le maximum de réactions anormales a été observé entre 2h30 et 7h00 avant la secousse. Aucune conclusion ne peut être tirée de ce graphique étant donné que le tremblement de terre est survenu à 1h50, heure locale; le maximum de réactions correspond donc à la soirée, moment où les animaux domestiques sont souvent près de leurs maîtres. Il est, d'autre part, remarquable que près de 30 % des signes prémonitoires relatés concernent les 15 minutes qui ont précédé la secousse, alors qu'à cette heure tardive, la majorité de la population était endormie.

CONCLUSION

Une technique d'enquête propre aux études de géographie humaine s'est révélée particulièrement utile dans le cadre de la présente étude. Elle permet d'obtenir très rapidement un très grand nombre de données, ce qui est fondamental, spécialement pour l'étude des signes prémonitoires et l'étude des impressions ressenties par les habitants.

En ce qui concerne les dégâts aux immeubles, une étude statistique réalisée sur place, en considérant un nombre égal de points d'observation dans chaque carré et en choisissant spécialement les immeubles en fonction de leurs caractéristiques et de leur âge, aurait donné des résultats plus fiables.

Toutefois, étant donné que la validité de nos cartes paraît confirmée par les résultats cohérents que leur analyse a fournis, nous pensons que cette méthode devrait être poursuivie. En multipliant les données et en tenant compte de la localisation précise des animaux, cette méthode d'étude permettrait peut-être de trouver des indices qui aideraient à déterminer les stimuli auxquels ils réagissent.

BIBLIOGRAPHIE

- AHORNER L. (1985), The General Pattern of Seismotectonic Dislocations in Central Europe as the Background for the Liège Earthquake on November 8, 1983, *P. Melchior, Seismic Activity in Western Europe*, Reidel, Dordrecht, pp. 41-56.
- AHORNER L. et PELZING R. (1985), The Source Characteristics of the Liège Earthquake on November 8, 1983, from Digital Recording in West Germany, *P. Melchior, Seismic Activity in Western Europe*, Reidel, Dordrecht, pp. 263-290.
- ASPINALL W.P. et KING G.C.P. (1985), A Temporary Array Search for Aftershocks of the 1983 November 8, Liège, Belgium, Earthquake, *P. Melchior, Seismic Activity in Western Europe*, Reidel, Dordrecht, pp.319-329.
- CAMELBEEK T. et De BECKER M. (1984), Le séisme de Liège du 8 novembre 1983. Ciel et Terre, vol. 100, *Bull. Soc. roy. belge d'Astronomie de Météorologie et Physique du Globe*, pp. 13-20.
- CAMELBEEK T. et De BECKER M. (1985), The Earthquake of Liège of November 8, 1983, and December 21, 1965, *P. Melchior, Seismic Activity in Western Europe*, Reidel, Dordrecht, pp. 369-384.
- DEMOULIN A. (1984), *Sédimentologie des dépôts post-paléozoïques, surfaces d'érosion et tectonique cénozoïque des Hautes Fagnes et de l'Eifel Nord-Occidental*, Thèse de doctorat en Géographie, ULg, inédit, 611 pp.
- EVERDERN J.F. (1976), *Abnormal Animal Behavior prior to Earthquakes, I*, Earthquake Hazards Reduction Programme, Conference I, Memlo Park, Calif. U.S.A., Oct. 23-24, 1976, U.S. Geol. Survey, 429 p.
- EVERDERN J.F., BUSKIRK R.E., ANDRIESE P.D. (1980), *Proceedings of Conference XI : Abnormal Behavior prior to Earthquakes, II*, Univ. Tex. Mar. Sci. Inst., Galveston, Tex. U.S.A. Second Conference on Abnormal Animal Behavior prior to Earthquakes, Galveston, Tex. U.S.A. Oct. 18-19 1979, U.S. Geol. Survey, Open-File Report. 80-453, 242 p.
- FABER S. et BONJER K.P. (1985), Phase recognition and Interpretation at Regional Distances from the Liège Event of November 8, 1983. *P. Melchior, Seismic Activity in Western Europe*, Reidel, Dordrecht, pp. 41-56.
- FOURMARIER P. et LEGRAYE M. (1924-25), Le tremblement de terre du 23 février 1925 dans le Limbourg et la Province de Liège, *Ann. Soc. Géol. Belgique*, XLVIII, pp. M 19-47.
- FOURMARIER P. (1925-26), Le tremblement de terre du 5 janvier 1926 dans l'Est de la Belgique, *Ann. Soc. Géol. Belgique*, XLIX, pp. B180-186.
- FOURMARIER P. et SOMVILLE O. (1930), Le tremblement de terre du 14 janvier 1928, *Ann. Soc. géol. Belgique*, LIII, pp. B 1-8.
- FRANÇOIS M. (1985), *Le tremblement de terre survenu à Liège le 8 novembre 1983. Analyse macroséismique et signes prémonitoires des animaux*, Mém. de licence en Géographie, inédit, conservé à l'Université de Liège, 141 p.
- FRANÇOIS M., PISSART A. et DONNAY J.-P. (1986), Analyse macroséismique du tremblement de terre survenu à Liège le 8 novembre 1983, *Ann. Soc. géol. Belgique* (sous presse).
- HAESSLER H. (1985), Le mécanisme au foyer du séisme de Liège du 8 novembre 1983, *P. Melchior, Seismic Activity in Western Europe*, Reidel, Dordrecht, pp. 291-296.
- HUMBLET E. (1941), Le bassin houiller de Liège, *Revue universelle des Mines* n° 12, 21 p.
- LOHEST M. et de RAUW H. (1908-1909), Le tremblement de terre du 12 novembre 1908, *Ann. Soc. géol. Belgique*, XXXVI, pp. B 65-77.
- LOHEST M. et ANTEN J. (1920-1921), Le tremblement de terre du 20 février 1921, *Ann. Soc. géol. Belgique*, XLIV, pp. B 146-150.
- PHILLIPS D.W. (1985), Macro seismic Effects of the Liège Earthquake with Particular Reference to Industrial Installations, *P. Melchior, Seismic Activity in Western Europe*, Reidel, Dordrecht, pp. 369-384.
- RIKITAKE T. (1981), *Precursors of the 1978 near Izu-Oshima Island Japan, Current Research in Earthquake Prediction, I*, Ed. Rikitake, Center for Ac. Publ. Japan (Tokyo, D. Reidel Company Publ. Company), Dordrecht - Boston - London, 383 p.
- SABROUX J.-Ch. (1986), Prédiction des séismes : la longue marche des physiciens grecs, *La Recherche*, 178, pp. 836-838.
- SAS Institute Incorporation (1981), *SAS/GRAPH user's guide cary*, North Carolina U.S.A., 125 p.
- TRIBUTSCH H. (1983), *When the Snakes awake. Animals and Earthquake Prediction*, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, London, England, 248 p.