

LES MOUVEMENTS ACTUELS DU SOL EN BELGIQUE; COMPARAISON DE DEUX NIVELLEMENTS IGN (1946-1948 et 1976-1980)

par

A. PISSART¹ et P. LAMBOT²

(4 figures et 1 tableau)

RESUME.- La comparaison des nivellements de précision de 1948 et de 1980 a permis d'établir une carte des variations d'altitude de notre pays pendant cette période. Le sol ne paraît stable nulle part.

Le Plateau des Hautes Fagnes et l'est de la Campine qui s'étaient soulevés de 1892 à 1948 sont descendus de 1948 à 1980. La zone séismique de l'est de la Belgique correspond à la région où le sens des mouvements s'est inversé. Cette variation du sens du mouvement est peut-être en relation avec les variations de pression des magmas qui se trouvent à plusieurs dizaines de kilomètres de profondeur.

L'ouest et l'extrémité sud de la Belgique ont continué à se soulever. Des phénomènes de subsidence locaux dus essentiellement à des pompages d'eau sont observés en de nombreux endroits du nord du pays. Un soulèvement local au nord de Charleroi est sans doute la conséquence de la mise sous eau de mines de charbon abandonnées. La majorité des tremblements de terre du Hainaut, survenus depuis 1966, sont groupés autour de cette zone en soulèvement.

ABSTRACT.- A map of the changes in altitude of Belgium for the period from 1948 to 1980, is given as a result of the comparison of two first order levellings. The ground does not seem stable anywhere.

Les Hautes Fagnes plateau and the east of Kempen which were uplifted from 1892 to 1948, are subsident from 1948 to 1980. The seismic part of eastern Belgium is located where the direction of the movement is changed. Such a modification in the direction of ground movement may be related to changes in pressure of magmas which are at several tens of kilometers in depth.

The west and south of Belgium have shown continuous uplift.

Some subsident zones in the north of Belgium are the result of water pumping. An uplifted zone, located north of Charleroi, is probably related to the flooding of old coal mines, although a great number of earthquakes have occurred close by since 1966.

1.- INTRODUCTION

LES MOUVEMENTS DE 1892 A 1948.

Jones (1950) a publié les résultats de la comparaison du Deuxième Nivellement Général (1948) avec les résultats du Nivellement de Précision de 1892. Malheureusement, un nombre relativement restreint de points avaient pu être comparés (une centaine) car tous les repères douteux, c'est-à-dire susceptibles d'avoir été déplacés par l'homme, n'avaient pas été retenus. Jones a insisté sur les erreurs de mesures et sur

les limites de tolérance se rapportant aux différentes observations. Il a écrit alors: «des différences de 0 à environ 6 mm caractérisent des repères pouvant ne pas avoir bougé».

La comparaison de ces deux nivellements a été réalisée en considérant comme fixe un repère situé à l'Observatoire d'Uccle. Les variations d'altitude qui ont été données sont donc des

1. Laboratoire de Géomorphologie et de Géologie du Quaternaire. Université de Liège.

2. I.G.N. Département de Géodésie. Abbaye de la Cambre, Bruxelles.

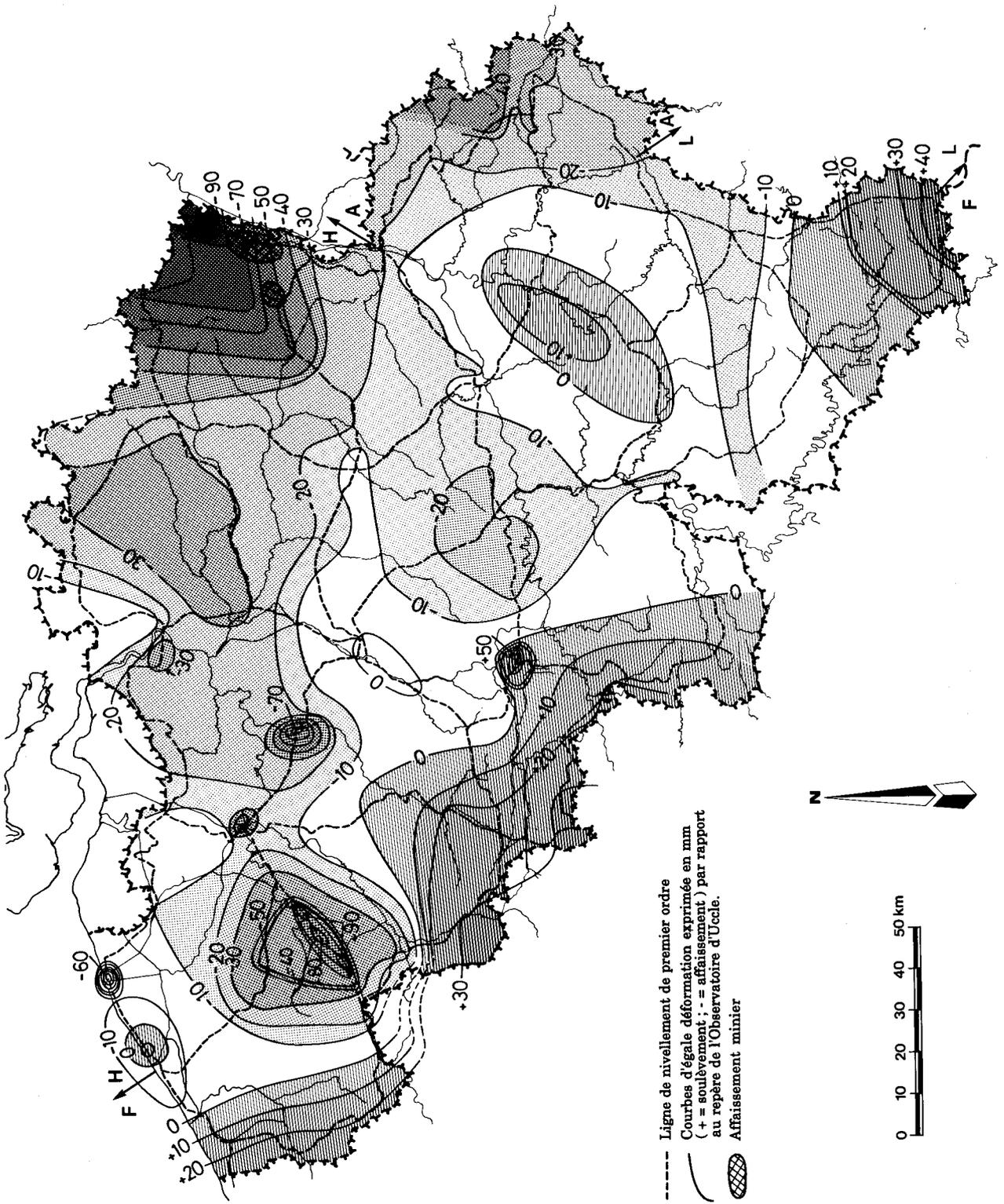


Fig. 1.- Variations d'altitude en mm des repères de premier ordre I.G.N. entre les nivellements 1946-1948 et 1976-1980.

valeurs relatives par rapport à ce repère. Jones (1950) ajoutait que les mesures de raccord avec le réseau hollandais, de part et d'autre de l'Escaut, ont donné «sensiblement les mêmes résultats qu'en 1892», semblant donc indiquer que le repère d'Uccle était relativement stable.

La validité des résultats obtenus est attestée par le caractère homogène systématique des différences d'altitude observées (en signe et en grandeur) sur de grandes régions. Les données recueillies paraissent donc fiables.

Les résultats de la comparaison de ces nivellements sont extrêmement intéressants, ils montrent un soulèvement de la Haute Amblève de 103 mm soit environ 2 mm par an, valeur extraordinairement élevée puisque si le mouvement s'était poursuivi à la même vitesse pendant les 2.000.000 d'années du Quaternaire, l'Ardenne aurait été soulevée de 4.000 m pendant cette période.

Une valeur de soulèvement du même ordre de grandeur (1,6 mm par an) a été retrouvée en Allemagne à 20 km à l'est de la Haute Amblève pour des nivellements couvrant la période 1950 à 1973. Elle confirmait l'importance du soulèvement observé dans cette région. Aux Pays-Bas, la comparaison des nivellements de 1875-1885 et 1926-1940 a montré l'existence de soulèvements le long de notre frontière tandis que la comparaison des nivellements 1926-1940 et 1950-1959 ont fait apparaître des différences qui étaient souvent en sens opposé de ce qui avait été observé précédemment. En conséquence, Waalewijn (1965) n'a pas osé tirer de conclusion formelle de ces observations.

Les autres observations avaient montré que presque toute la Belgique se soulevait par rapport au repère d'Uccle et que ce soulèvement affectait aussi bien l'est de la Belgique depuis la Campine jusque la Lorraine, que la frontière française de la Gaume à la mer. Mis à part la vallée de la Haine affectée par des affaissements miniers, seule la région située à l'ouest d'Anvers, montrait un affaissement appréciable.

2.- LES MOUVEMENTS DE 1948 A 1980. VALIDITE DE LA CARTE DES MOUVEMENTS DU SOL (Figure 1).

Les repères comparés.

Le réseau de premier ordre du Deuxième Nivellement Général dont nous venons de parler couvrait 2.336 km et comportait 3.115 points

(Jones, 1949). Le nivellement 1975-1980 de ce même réseau de premier ordre a permis de comparer les altitudes d'environ 60% de ces repères, soit environ 1.800 points. Outre les repères qui ont disparu entre 1948 et 1980 et pour lesquels nous ne possédons aucune donnée, ont été écartés d'office tous les repères dont l'altitude a varié de plus de 1 m. Ainsi ont été omis la majorité des repères localisés dans les zones d'exploitation minière. D'autre part, tous les repères qui ont montré des différences de niveau atteignant 10 cm d'élévation, et dont les mouvements ne s'annonçaient pas dans ceux des repères voisins ont été également écartés. Enfin, au cours de la cartographie, 37 repères montrant des variations de 20 à 100 mm n'ont pas été pris en considération. Il s'agissait chaque fois de variations anormales par rapport à l'environnement proche, qui, dans 35 cas sur 37, étaient des mouvements de subsidence. La majorité de ces mouvements résultent au nord de la Belgique, de pompages d'eau dans le sous-sol. Au sud du sillon Sambre et Meuse, ces variations correspondent dans presque tous les cas à la dissolution du substratum car ces repères sont situés sur des roches calcaires. Deux repères seulement ont montré un soulèvement très local de plus de 5 cm, phénomènes qui ne peuvent guère être expliqués que par un déplacement des repères par l'homme entre les deux nivellements.

Le repère de référence.

Les deux nivellements que nous considérons ont été comparés en admettant comme cela a été fait pour les nivellements précédents, que le repère de l'observatoire d'Uccle est resté fixe. Aucune raison objective ne permet d'affirmer que ce repère n'a subi aucune modification d'altitude pendant la période considérée. Il est en conséquence extrêmement dangereux de parler de soulèvement et d'affaissement pour les différentes régions considérées, mais tout au plus devrait-on parler de mouvements relatifs du sol. Toutefois pour la facilité de l'exposé, nous continuerons à utiliser ces termes.

Précision des mesures.

Les compensations des erreurs de fermeture des polygones ont été calculées selon la méthode utilisée pour le Deuxième Nivellement Général et les données des deux nivellements sont donc directement comparables.

Les deux nivellements ont été ajustés selon le même modèle mathématique; ils présentent des précisions comparables comme le montre le tableau ci-après.

Tableau 1 :

	DNG (1946-1948)	DNG (1976-1980)
Erreur standard	1,76 mm par km	1,24 mm par km
Précision des noeuds	± 8 mm à ± 16 mm	± 6 mm à ± 12 mm

Analyse de la carte des variations d'altitude.

Cette carte a été réalisée manuellement en considérant la moyenne des déplacements des repères de chaque commune ou lorsqu'il s'agissait de territoires étendus avec de nombreux repères conservés, de parties de communes. Très généralement les données se groupent étroitement, attestant bien de l'existence d'un mouvement d'ensemble uniforme et assurant la validité des données qui ont permis de construire la carte. Il est important de répéter que les observations sont réparties uniquement selon les lignes de nivellement et que, en dehors d'elles, nous ne disposons d'aucune donnée. Entre les lignes de nivellement, les tracés des courbes sont donc hypothétiques. Nous analyserons ce document en distinguant :

- 1) les régions qui se soulèvent plus que le repère de référence d'Uccle,
- 2) les régions qui au contraire s'affaissent plus que ce repère,
- 3) les mouvements du sol locaux.

1) Régions en soulèvement.

Toute la partie ouest de notre pays se soulève plus que le repère d'Uccle. Le soulèvement est particulièrement marqué dans la région de Tournai et de Dour où il a dépassé 3 cm en 30 ans, c'est-à-dire 1 mm par an. Sur notre carte, il est moins marqué dans la région de Charleville bien qu'il soit possible que la courbe 0 suive approximativement le cours de la Semois ardennaise. Le soulèvement est le plus important à l'extrémité sud de la Belgique où il dépasse 4 cm. Une dernière zone se soulevant plus que le repère d'Uccle, est une zone située entre Marche et Comblain-au-Pont où le soulèvement atteint 1 cm.

2) Régions en affaissement.

La plus grande partie de la Belgique s'affaisse plus que le repère d'Uccle et cet affaissement est particulièrement important à l'extrémité nord-est de la Campine près de Brée. L'affaissement relatif par rapport au repère d'Uccle y atteint 90 mm, soit 3 mm par an. Le sommet de la Belgique (Botrange) s'affaisse également d'une manière considérable : plus de 40 mm, soit 1,3 mm par an. L'affaissement de l'extrémité est de la Campine se poursuit vers

l'ouest. Il dépasse 30 mm à l'est d'Anvers, est un peu moindre entre Anvers et Gand, et dépasse de nouveau 30 mm entre Gand, Courtrai et Roeselaere. Etant donné la référence choisie (Uccle), la région au sud de Bruxelles est relativement stable, et cette stabilité se prolonge jusqu'à Audenarde au nord-ouest, Philippeville au sud-est et Tirlemont à l'est. La région de Gembloux s'est, quant à elle, affaissée d'environ 2 cm par rapport au repère d'Uccle.

3) Les mouvements locaux.

Il s'agit de mouvements généralement importants qui affectent des zones qui ont souvent moins de 15 km de diamètre. Nous citerons tout d'abord pour mémoire des zones d'affaissement minier qui correspondent au bassin houiller de Campine. D'autres zones d'affaissement très net, ont été reconnues. Il s'agit d'un affaissement ayant pour centre Alost et dépassant de 4 cm la subsidence de la région, d'un affaissement de la région de Gand, de mouvements de subsidence atteignant 9 cm dans la vallée de la Lys et s'étendant vers le nord jusqu'au delà de Tielt¹, d'un affaissement autour de Tirlemont et d'une subsidence très nette de l'ordre de 6 cm autour de Zeebrugge. Ces affaissements locaux sont sans aucun doute le résultat de tassements de terrain consécutifs à des pompages et à l'abaissement de la nappe aquifère. Bien entendu, d'autres affaissements de ce type existent ailleurs en Belgique. Ils ne sont visibles sur notre carte que pour autant qu'une ligne de premier ordre passe à proximité d'un de ces pompages.

Le phénomène local le plus surprenant se présente comme un soulèvement dépassant 50 mm d'élévation et affectant, en bordure nord du bassin houiller une région d'environ 12 km répartie sur les communes de Fayt-lez-Manage, Bellecourt, Gouy-lez-Pieton et Chapelle-lez-Herlaimont.

1) Après la présentation à Mons de la carte que nous commentons ici, Monsieur Laga, Directeur au Service Géologique de Belgique, a eu l'obligeance de nous communiquer la publication de Lebbe et al. (1988) se rapportant à l'abaissement de la nappe aquifère dans les Flandres au cours des dernières décennies. Après avoir pris connaissance de cette publication, nous avons modifié les tracés des courbes de -40 et -50 mm de façon à relier la plaine de la Lys à la région de Pittem au nord. Je remercie vivement Monsieur Laga, grâce à qui cette correction a pu être apportée.

3.- COMPARAISON ENTRE LES MOUVEMENTS DU SOL ENREGISTRES PENDANT LA PERIODE 1892-1948 ET CEUX OBSERVES PENDANT LA PERIODE 1948-1978.

La comparaison entre les déformations du sol qui se sont produites pendant les périodes 1892 à 1948 et 1948 à 1978, ne peut être que partielle, étant donné le nombre réduit de points dont Jones a disposé lorsqu'il a écrit son article de 1950. Malgré cela, il est possible d'affirmer que, pour certaines parties de Belgique, le mouvement s'est poursuivi dans la même direction et avec une vitesse comparable, tandis que pour d'autres, les vitesses sont tout à fait différentes puisque dans certaines régions, le sens du déplacement par rapport au repère d'Uccle s'est inversé.

La partie occidentale de la Belgique, c'est-à-dire la bordure de notre pays le long de la frontière française, de la mer à La Louvière, montre un soulèvement identique pendant les deux périodes considérées. Les mouvements observés entre Anvers et la côte n'ont pas, non plus, été différents depuis 1892.

La partie orientale de la Belgique par contre, de Neerpelt en Campine, jusqu'à Martelange en suivant les frontières hollandaise, allemande et grand-ducale montre une image complètement différente. Cette partie de la Belgique qui présentait de 1892 à 1948 une surrection nette par rapport au repère d'Uccle, a subi entre 1948 et 1978 un affaissement extrêmement rapide. Près de Maaseik, le soulèvement qui était de 0,5 mm par an est passé à un affaissement de l'ordre de 3 mm par an; à la Baraque Michel, un soulèvement de + 1,3 mm par an (+ 67 mm en 50 ans) a fait place à un affaissement de 1,7 mm par an (- 52 mm en 30 ans), à Butgenbach où le soulèvement était maximum (+ 103 mm en 50 ans), on observe, de même un affaissement de 30 mm en 30 ans. C'est-à-dire que les régions qui avaient enregistré les plus grands soulèvements en 1948 ont subi les affaissements les plus considérables de 1948 à 1978. L'est de la Belgique s'affaisse actuellement d'une manière indubitable.

L'absence de données au centre de la Belgique pour les nivellements antérieurs ne nous permet pas de connaître les changements qui s'y seraient produits.

4.- OBSERVATIONS DES RELATIONS SPATIALES EXISTANT ENTRE LES MOUVEMENTS DU SOL ET LA SEISMICITE.

En 1951, Charlier a comparé les résultats des nivellements donnés par Jones (1950) avec les pléistocéistes, et il avait conclu qu'«à l'exception des séismes du Hainaut (région à grande subsidence), tous les autres séismes belges sont liés à des causes provoquant une surrection du sol». Les relations entre la séismologie et le nivellement doivent être considérées de nouveau aujourd'hui puisque nous disposons de données plus nombreuses que celles qui étaient à la disposition de Charlier en 1951.

L'épicentre des 23 tremblements de terre du Hainaut que mentionnent Camelbeek (1985) de 1966 à 1970 et Melchior (1985) de 1965 à 1983, sont groupés à l'emplacement et à proximité immédiate du soulèvement local de Chapelle-lez-Herlaimont (Figure 2). Précisons cependant les incertitudes de cette figure. Elles portent aussi bien sur les limites de la zone soulevée que sur la localisation des séismes. En effet, nous connaissons seulement les variations d'altitude selon une ligne approximativement est-ouest et nous ignorons l'extension exacte vers le nord et le sud de la zone soulevée. Sur notre figure 2, nous avons choisi l'hypothèse donnant une extension minimale à la zone en soulèvement. Par ailleurs T. Camelbeek qui a eu l'obligeance de nous communiquer les coordonnées des épicentres des tremblements de terre nous a fait remarquer que leur localisation était connue avec une approximation allant de 2 à 10 km. Malgré ces incertitudes, la relation entre la localisation des tremblements de terre postérieurs à 1966 et celle de la zone soulevée est étroite: 5 épicentres tombent dans la zone soulevée, 14 sont à moins de 3 km de celle-ci, 4 à moins de 6 km et les deux derniers à 9 km. La relation suggère que séismes et soulèvements du sol sont, dans ce cas précis, deux phénomènes associés.

Cette relation s'estompe si l'on considère tous les séismes qui se sont produits pendant la période entre les deux nivellements, c'est-à-dire de 1948 à 1980. La carte des épicentres mentionnés dans le catalogue des tremblements de terre de l'Observatoire (que nous a communiqué T. Camelbeek) est donnée sur la figure 3. Elle montre une ligne sismique dirigée de Charleroi vers le NE et pointant en direction de Tirlemont où s'est produit un tremblement de terre d'intensité VII-VIII en 1828.

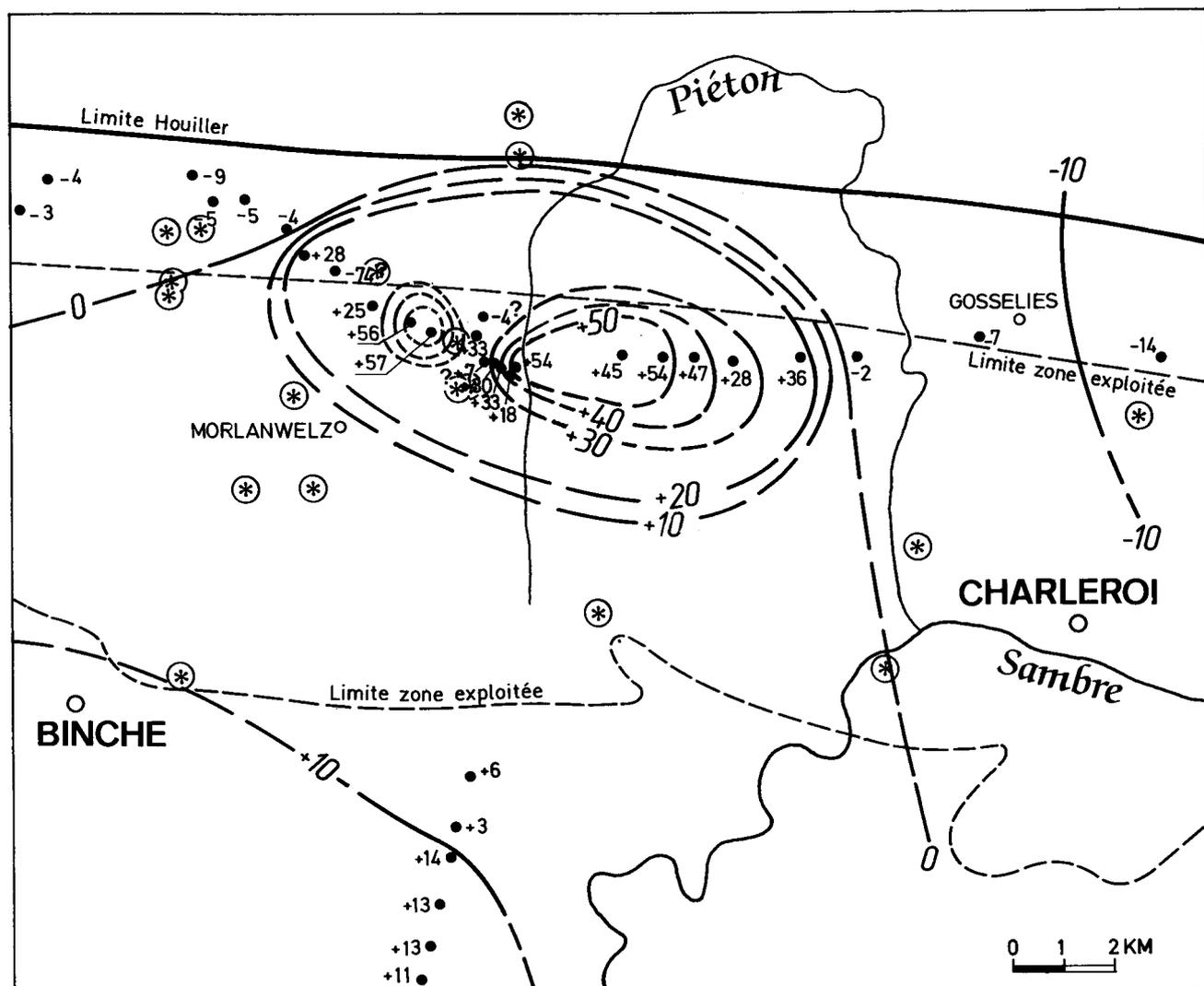


Fig. 2.- Le soulèvement du sol de Chapelle-lez-Herlaimont.

Les courbes en tiretés épais figurent la zone possible d'extension des mouvements du sol 1948-1980 enregistrés par les repères de nivellement. La localisation de ceux-ci est indiquée par des points noirs. Ces chiffres expriment le sens du déplacement (+ = soulèvement; - = affaissement) exprimé en mm par an. Les étoiles entourées de cercles localisent les épencentres des tremblements de terre de 1966 à 1983 cités par Camelbeeck (1985) et Melchior (1985). La carte indique au nord la limite du Houiller et les limites nord et sud des zones qui ont été déhouillées.

Une relation claire entre la localisation des mouvements du sol et celle des tremblements de terre n'a pas été observée dans l'est de la Belgique. Toutefois, remarquons que mis à part le tremblement de terre de La Panne (1968) et ceux du Hainaut que mentionne la figure 3, toutes les secousses observées de 1946 à 1980, sont situées dans la région, ou en bordure de la région qui a subi les plus grandes variations dans les mouvements du sol observés de 1892 à 1948 et de 1948 à 1980 (figure 4).

Le tremblement de terre postérieur de Waismes (1985) est localisé où un soulèvement de plus de 2 mm par an, a fait place à un affaissement de 1 mm par an. Les épencentres des tremblements de terre de Gulpen (1988) de Liège (1983) se trouvent à proximité de régions où le sens des mouvements du sol paraît s'être inversé.

5.- COMMENTAIRES ET ESSAIS D'INTERPRÉTATION.

Après avoir présenté les faits, et aussi quelques interprétations si évidentes qu'elles ne peuvent guère être considérées comme des suppositions, (comme par exemple l'interprétation comme affaissements miniers des mouvements observés dans la zone d'exploitation minière de Campine, ou comme les affaissements locaux dus aux pompages), nous présenterons maintenant quelques commentaires et hypothèses concernant les observations rapportées plus haut.

1.- Généralités.

Les vitesses de déplacement observés en Belgique qui s'expriment en mm par an, sont des vitesses de déplacement habituellement obser-

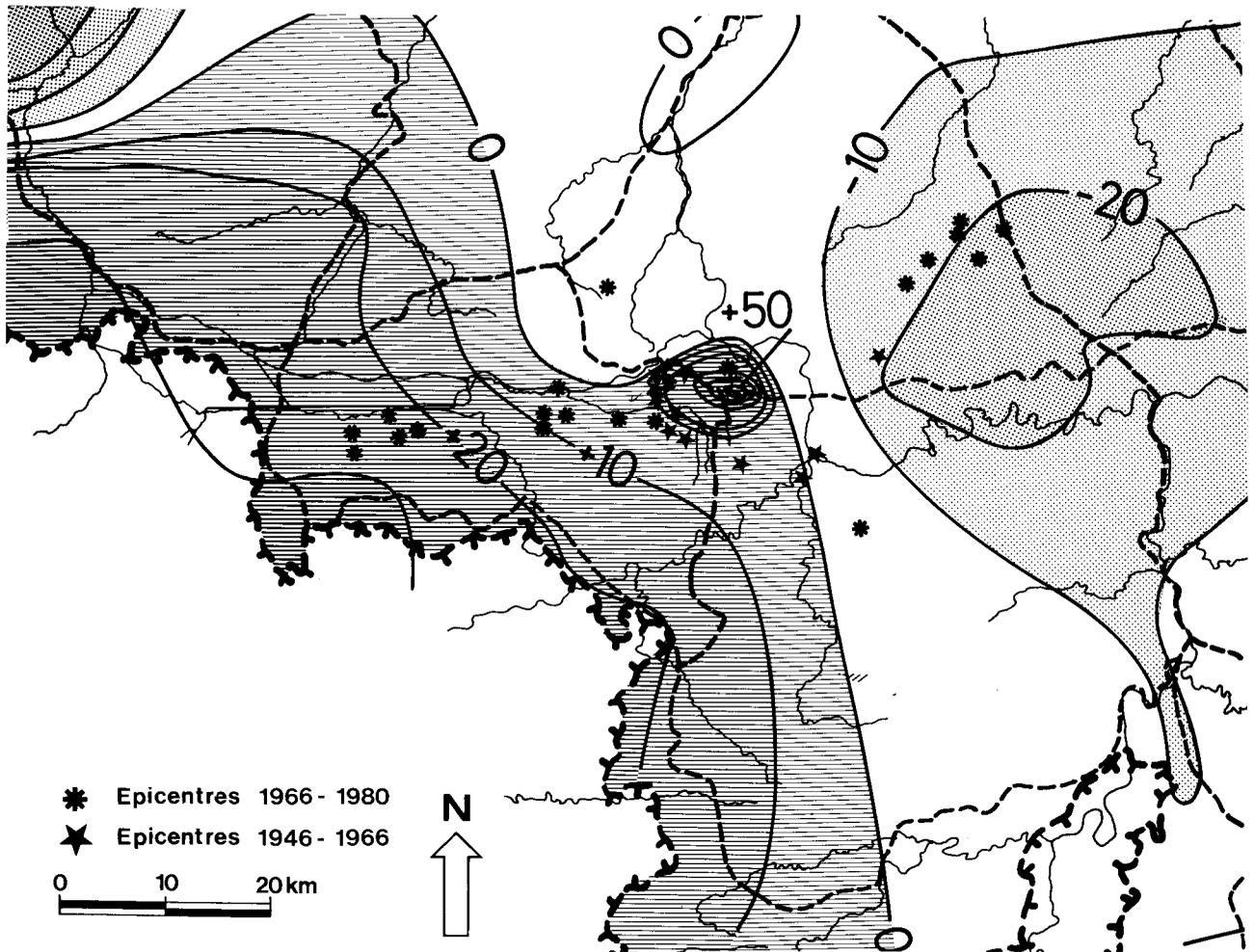


Fig. 3.- Tremblements de terre du Hainaut 1946-1980, reportés sur la carte des mouvements du sol 1948-1980.

vées dans le monde. Ce n'est que dans les régions tectoniquement très actives comme la Californie que des vitesses de l'ordre ou supérieure à un cm par an ont été enregistrées.

Aucune partie de la Belgique ne paraît stable à l'heure actuelle. Ce qui est conforme à l'avis de Mescherikov (1968) qui écrivait qu'il n'y a aucune raison de supposer que les mouvements contemporains sont limités à des régions isolées, particulièrement mobiles de l'écorce terrestre.

Les observations présentées ici ne fournissent aucun argument en faveur des multiples théories géomorphologiques qui ont défendu l'idée de mouvements du sol importants pendant le Quaternaire. Ni le soulèvement du plateau des Hautes Fagnes (Demoulin, 1988), ni le soulèvement de la région de Givet (Pissart, 1961), ni le soulèvement du dôme du Melantois, ne sont vérifiés par cette carte des mouvements contemporains. Mescherikov (1968) indique qu'il y a seulement correspondance entre la structure géologique et les mouvements actuels pour 70% de la superficie de la moitié ouest de la plate-forme russe. Nos observations ne sont donc pas, à ce point de vue, surprenantes.

2.- Dans l'est de la Belgique.

Les données obtenues pour l'est de la Belgique fournissent un bon exemple de mouvements contemporains du sol s'inversant très rapidement. Des changements semblables de l'importance du sens des mouvements ont d'abord été supposés parce que la vitesse de soulèvement dépassait de plusieurs ordres de grandeur la vitesse de soulèvement obtenues par les études géomorphologiques et géologiques (Mescherikov, 1968, voir aussi pour le massif des Hautes Fagnes, Fuchs *et al.*, 1985). Elles ont aussi été observées en de multiples endroits et sont considérées par Sychev *et al.* (1986) comme une caractéristique de régions subissant un soulèvement néotectonique. Les cycles de soulèvements et d'affaissements se produiraient avec des périodicités variables selon les régions, périodicité d'environ 50 ans pour un soulèvement de Californie (Castle *et al.*, 1984) et de 5 à 7 siècles dans des régions tectoniquement moins actives comme la plate-forme russe (Mescherikov, 1969).

Une explication de ces mouvements verticaux alternatifs a été proposée par Sychev *et al.* (1986).

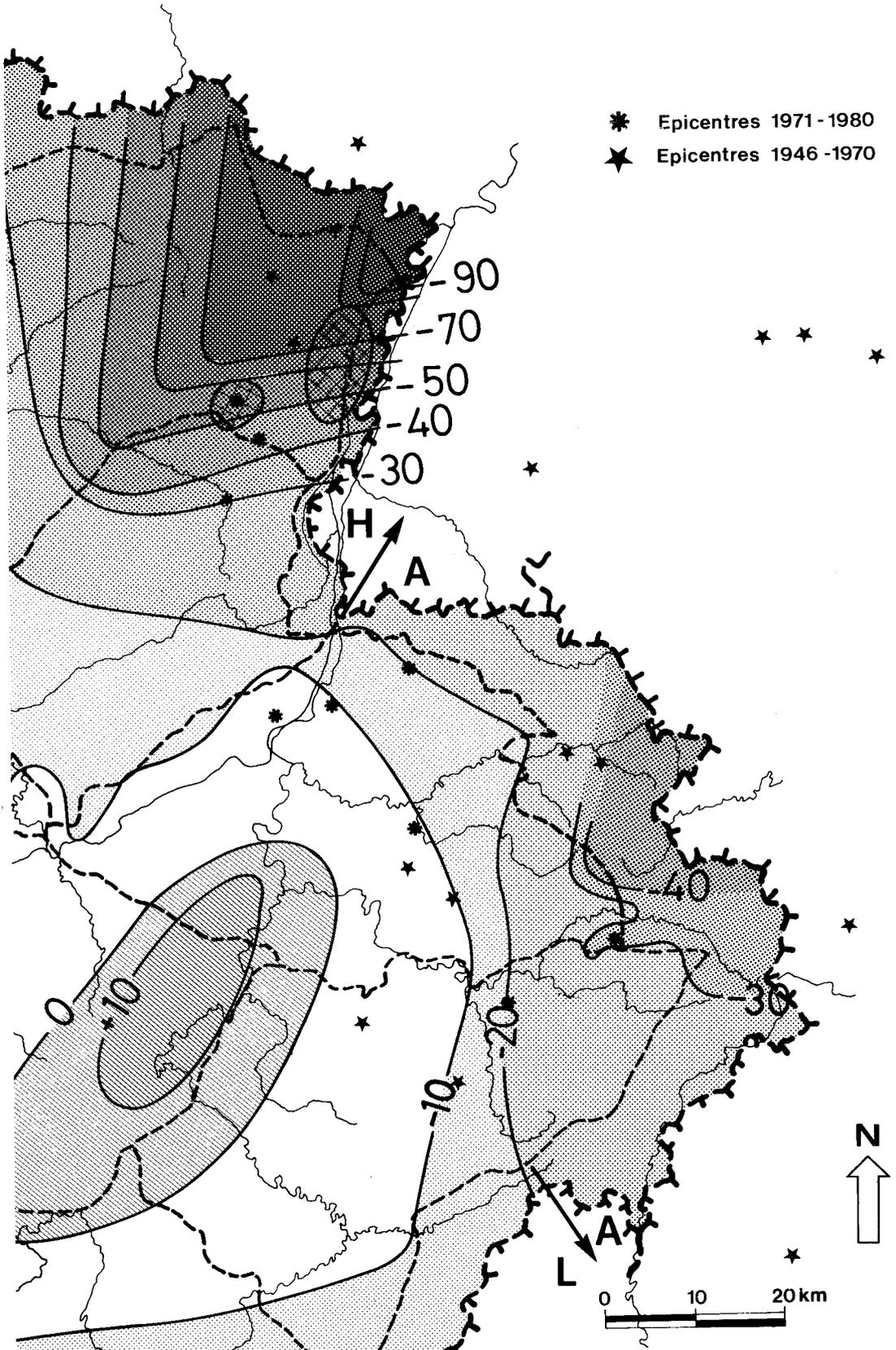


Fig. 4.- Tremblements de terre de l'est de la Belgique 1946-1980, reportés sur la carte des mouvements du sol 1948-1980.

Ils auraient pour origine l'arrivée intermittente de magmas venant du manteau et leur intrusion à deux niveaux principalement : un dans le manteau supérieur près de la limite inférieure de la croûte où des zones de fusion partielle se produiraient et l'autre plus près de la surface à des profondeurs de 10 à 15 km. Ce serait la première hypothèse qui devrait être retenue ici. Elle semble en accord avec la découverte d'une masse de matériau caractérisée par des vitesses faibles de déplacement des ondes primaires dans la partie occidentale du Massif schisteux Rhénan entre 50 et 150 km de profondeur (Fuchs *et al.*, 1983) et auquel les auteurs allemands attribuent le soulèvement du massif. Les changements rapides et alternatifs d'altitude auraient donc pour origine selon l'hypothèse de Sychev *et al.* (1986), des changements dans la pression des magmas profonds. Ce modèle serait particulièrement applicable, selon les mêmes auteurs, pour les territoires situés au milieu des plaques, c'est-à-dire qu'il conviendrait bien pour le Massif Schisteux Rhénan. Cette hypothèse a d'ailleurs été considérée par Neugebauer *et al.* (1983) dans une revue des théories susceptibles d'expliquer le soulèvement de ce massif. Elle a été rejetée alors parce qu'elle n'était étayée par aucune observation. L'explication proposée par Withjack (1979) trouverait donc un support dans la comparaison des nivellements que nous présentons dans le présent article.

3.- Dans le Hainaut.

Comme nous l'avons montré précédemment, une relation semble exister entre la localisation du soulèvement du sol de Chapelle-lez-Herlaimont et la localisation des tremblements de terre du Hainaut de 1966 à 1980. Si cette relation existe réellement, on pourrait supposer que le soulèvement du sol est un phénomène tectonique.

L'existence de soulèvements du sol a été considérée comme un des signes prémonitoires les plus fiables des tremblements de terre. L'exemple le plus fameux a été donné par le tremblement de terre de Niigata (Japon) qui s'est produit en 1964 et avait une magnitude de 7.5. Auparavant dans cette région, le sol s'était soulevé depuis 1900; la vitesse du soulèvement avait diminué dès 1954, soit 8 à 9 ans avant le tremblement de terre; le maximum de soulèvement avait été atteint en 1959. Toutefois, il est apparu par la suite que des soulèvements importants n'ont pas été suivis par des mouvements tectoniques de telle sorte que Sato et Inouchi en 1977 (cité par Rikitake, 1982) écrivent que seulement 17% des soulèvements ont pu être corrélés avec des tremblements de terre qui se

sont produits par la suite. Un des soulèvements les plus importants connus actuellement, est celui de Palmdale en Californie qui avait été annoncé dans la presse comme annonciateur d'un tremblement de terre, séisme qui n'est pas survenu à ce jour alors que ce bombement s'affaisse actuellement.

Il est évidemment dangereux de comparer la Belgique avec des régions aussi tectoniquement actives que le Japon ou la Californie. On peut toutefois suggérer une comparaison avec un modèle développé en Californie méridionale par Castle *et al.* (1984) si l'on admet le découpage en blocs de la Belgique et du Nord de la France proposé par Colbeaux et Dupuis (1985). Le soulèvement de Chapelle-lez-Herlaimont se trouve en effet situé sur la zone de cisaillement du nord Artois qui sépare deux blocs importants, le bloc ardennais et le bloc brabançon. Castle *et al.* (1984) expliquent qu'un soulèvement se produit à l'endroit où le glissement des deux plaques est contrarié par un tracé sinueux de la faille. Peut-être un tel modèle pourrait-il être appliqué chez nous. Soulignons que la zone soulevée est située à proximité immédiate de la faille bordière et à proximité du raccord de failles situées au nord (Legrand, 1968). Un jeu d'une de ces failles qui par ailleurs correspond bien à la zone sismique du nord-est de Charleroi en direction de Tirlemont, aurait pu donner un ancrage à la faille principale. R. Legrand (1968) a en outre remarqué, que de Fayt et Bellecourt jusqu'à Gouy-lez-Pieton, soit à l'emplacement exact du soulèvement observé, il y a un ressaut brutal relevant de 10 m l'Yprésien au sud.

Toutefois, un examen attentif de la localisation des repères de nivellement montre que la zone de soulèvement correspond à la zone qui a été déhouillée. Aussi, est-on fondé de se demander si le soulèvement (bien que en relation apparente avec les tremblements de terre) ne doit pas être expliqué d'abord par les travaux miniers. Il convient de remarquer en effet, que nous ignorons tout des mouvements du sol situés dans le bassin houiller et que les limites de la zone soulevée ne sont connues ni au nord, ni au sud. Comme par ailleurs, Pöttgens (1985) du Service des Mines des Pays-Bas, a clairement montré que la mise sous eau des galeries remblayées provoquait un soulèvement (qui pouvait être corrélé avec l'augmentation de pression dans les pores des matériaux ayant servi à combler les galeries), il est judicieux de se demander si ce n'est pas ce dernier mécanisme qui est responsable du soulèvement observé. Cette dernière hypothèse nous paraît d'ailleurs la plus probable.

6.- CONCLUSION.

Il est souhaitable que les variations d'altitude d'un certain nombre de points judicieusement choisis soient mesurées avec grande précision. Les régions les plus intéressantes pour cette étude sont clairement indiquées sur notre carte. Les possibilités nouvelles de mesurer des variations minimales d'altitude en se servant des satellites dont vont disposer sous peu l'I.G.N. et l'Observatoire, apporteront certainement dans ce domaine des données très précieuses.

BIBLIOGRAPHIE

- CAMELBEECK, T., 1984. Recent seismicity in Hainaut. Scaling laws from the seismological stations in Belgium and Luxembourg. Seismic Activity in Western Europe with particular consideration to the Liege earthquake of november 8, 1983. P. Melchior (edit.), NATO ASI Series C. *Mathematical and Physical Sciences*, 144: 109-126.
- CASTLE, R.O., CHURCH, J.P., ELLIOT, M.R. and MORRISON, N.L., 1975. Vertical crustal movements preceding and accompanying the San Fernando earthquake of February 9, 1971: a summary. *Tectonophysics*, 29: 129-140.
- CASTLE, R.O., ELLIOT, M.R., CHURCH, J.P. and WOOD, S.H., 1984. The evolution of the southern California uplift, 1955 through 1976. *U.S. Geological survey, professional paper 1342. U.S. Government printing office*, Washington, 132 p.
- CHARLIER, Ch., 1951. Etude systématique des tremblements de terre belges récents (1900-1950). IV^e partie. La séismicité de la Belgique. *Publications du Service Seismologique et gravimétrique de l'Observatoire Royal de Belgique à Uccle*, Série S, n° 10, 55 p.
- COLBEAUX, J.P. and DUPUIS, Ch., 1984. Tectonic approach of the seismicity in the southern Belgium and the northern France. Seismic Activity in Western Europe with particular consideration to the Liege earthquake of november 8, 1983. P. Melchior (edit.) NATO ASI Series C. *Mathematical and Physical Sciences*, 144: 127-132.
- DEMOULIN, A., 1988. Cenozoic tectonics on the Hautes Fagnes Plateau (Belgium). *Tectonophysics*, 145: 31-41.
- FOURNIGUET, J., 1987. Géodynamique actuelle dans le N et le NE de la France. *Mémoire B.R.G.M.*, 127, 160 p.
- FRANCOIS, M., PISSART, A. et DONNAY, J.P., 1986. Analyse macroséismique du tremblement de terre survenu à Liège le 8 novembre 1983. *Ann. Soc. géol. Belg.*, 109: 529-538.
- FUCHS, K., VON GEHLEN, K., MAIZER, H., MURAWSKI, H. and SEMMEL, A., 1983. Mode and Mechanism of Rhenish Plateau Uplift. Plateau Uplift. The Rhenish Shield, a case study. K. Fuchs, K. von Gehlen, H. Mälzer, H. Muralski and A. Semmel (sc. edit.) *Springer Verlag*. Berlin: 405-411.
- JONES, L., 1949. Deuxième Nivellement Général. Répertoire des définitions et des altitudes des repères. Réseau de premier ordre (mesures faites en 1947 et 1948). *Institut Géographique Militaire. Service de Nivellement*, 2, allée du Cloître, Bruxelles, 148 p.
- JONES, L. 1950. Les premiers résultats de la comparaison du Deuxième Nivellement Général (1948) avec les nivellements anciens. *Bull. Soc. belge Géol., Pal. et Hydr.*, 49: 156-162.
- LEBBE, L., VAN CAMP, M., VAN BURN Ph., DE CEUKELAIRE, M., WATTIEZ, R., DE BREUCK, W., 1988. Het grondwater in de paleozoische sokkel en in de landenaan in West- en Oost-Vlaanderen. *Water*, 41: 104-108.
- LEGRAND, R., 1968. Le massif de Brabant. Mémoire pour servir à l'explication des cartes géologiques et minières de la Belgique, 9, *Service Géol. de Belg.*, 13, rue Jenner, Bruxelles, 1-148.
- MALZER, H., HEIN, G. and ZIPPELT, K., 1983. Height changes in the Rhenish Massif. Determination and Analysis. Plateau Uplift. The Rhenish Shield, a case study. K. Fuchs, K. von Gehlen, H. Mälzer, H. Muralski and A. Semmel (sc. edit.) *Springer Verlag*. Berlin: 164-171.
- MELCHIOR, P., 1984. Problèmes actuels de la séismologie en Belgique. Seismic Activity in Western Europe with particular consideration to the Liege earthquake of november 8, 1983. P. Melchior (edit.), NATO ASI Series C. *Mathematical and Physical Sciences*, 144: 1-17.
- MESCHERIKOV, Y.A., 1968. Crustal movements - Contemporary. The Encyclopedia of Geomorphology. R.W. Fairbridge (edit.). *Rheinhold book corporation*: 223-228.
- MESHERYAKOV, Y.A., 1959. Contemporary movements in the earth's crust. *International Geology Review*, 1,(8): 40-51.
- NEUGEBAUER H.J., WOLDT, W.D. and WALLNER, H., 1983. Uplift, Volcanism and Tectonics: Evidence for Mantle Diapirs at the Rhenish Massif. Plateau uplift. The Rhenish Shield, a case study. K. Fuchs, K. von Gehlen, H. Mälzer, H. Muralski and A. Semmel (sc. edit.) *Springer Verlag*. Berlin: 381-403.
- POTTGENS, J., 1985. Bodenhebung durch ansteigendes Grubenwasser. Proceedings: VIth International Congress International Society for Mine Surveying, Harrogate 9-13 September 1985. Volume two: 928 p.
- PISSART, A., 1961. Les terrasses de la Meuse et de la Semois. La capture de la Meuse lorraine par la Meuse de Dinant. *Ann. Soc. géol. Belg.*, Mémoire 84: 1-108.
- RIKITAKE, T., 1982. Earthquake Forecasting and Warning. Developments in Earth and Planetary Sciences, 03, D. Reidel Publishing Company, 402 p.
- SYCHEV, P.M., ZACHAROV, V.K. and SEMAKIN, V.P., 1986. On the origin of recent and modern vertical movements in the island systems of northeastern Asia. *Tectonophysics*, 122: 283-305.
- WAALEWIJN, A., 1965. Investigations into crustal movements in the Netherlands. *Annales Academiae Scientiarum Fennicae, Serie A, III Geologica-Geographia*, 90. Proceedings of the second international symposium on recent crustal movements, Aulanko, Finland, August 3-7-1965: 401-412.
- WITHJACK, M., 1979. A convective heat transfer model for lithosphere thinning and crustal uplift. *Journ. Geophys. res.*, 84: 3008-3021.