

Résultats récents obtenus en géologie du Quaternaire dans le cadre de l'évolution du Bassin du Rhin en Allemagne Occidentale (1)

par Hans WINDHEUSER (Cologne)

Les résultats présentés sont dus aux recherches récentes du Professeur K. Brunnacker et de ses collaborateurs : W. Boenigk, W. Tillmanns et H. Windheuser.

Le plan de l'exposé est le suivant :

- 1^o Une présentation générale du cours du Rhin pour situer les observations nouvelles ;
- 2^o les précisions obtenues récemment en ce qui concerne l'évolution du bassin du Rhin au Tertiaire et au Quaternaire par l'étude des dépôts de la Niederrheinische Bucht (« golfe » ou « baie du Rhin inférieur ») ;
- 3^o les progrès récents réalisés en stratigraphie du Quaternaire le long du Rhin moyen et plus particulièrement la place du volcanisme rhénan dans cette stratigraphie ;
- 4^o l'évolution du drainage au cours du Quaternaire dans la région comprise entre le Main et le Danube supérieur.

Le cours du Rhin peut être divisé en plusieurs tronçons très nettement délimités : le Rhin alpin à l'amont du lac de Constance ; le haut Rhin du lac de Constance jusqu'à Bâle ; le Rhin supérieur dans l'Ober-rheingraben (graben du haut Rhin) ; le Rhin moyen qui traverse le massif Schisteux Rhénan entre Mayence et Bonn, et enfin le Rhin inférieur dont les terrasses s'ouvrent largement sur les Pays-Bas (Niederrheinische Bucht).

Un profil longitudinal, publié par H.W. Quitzow [8] (2) à l'occasion du Centenaire de la Société géologique de Belgique (1974), montre que les terrasses du Rhin se présentent comme suit :

- le long du Rhin alpin et du haut Rhin, en conséquence du soulèvement tectonique, des terrasses en gradins se sont développées ;
- l'Ober-rheingraben s'étant affaissé pendant tout le Quaternaire, on trouve les plus vieilles terrasses à sa base et les plus récentes au sommet ; l'épaisseur des terrasses peut atteindre localement 250 m ;

(1) Conférence faite à la Société géographique de Liège le 25 avril 1979.

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

— comme l'indique le profil des terrasses à la traversée du massif Schisteux Rhénan, cette région a aussi été soulevée pendant le Quaternaire, car nous constatons que les terrasses en gradins sont en général bombées et que, dans la partie inférieure, leur pente est de plus en plus forte des basses vers les hautes terrasses.

Deux zones sont plus particulièrement déformées :

- entre Mayence et Coblenze, du Hunsrück au Taunus, un pli anticlinal se marque dans les terrasses et plus particulièrement dans la terrasse pliocène à Kieseloolithes où il atteint une cinquantaine de mètres de hauteur ;
- dans la région de Neuwied existe une cuvette d'origine tectonique, effondrée d'environ 70 m en partie pendant le Tertiaire et le Quaternaire.

Le long du Rhin inférieur, la situation est très différente suivant que l'on considère la rive gauche ou la rive droite. Sur la rive droite, jusqu'aux environs de Wesel, les terrasses sont en gradins. Mais sur la rive gauche, entre Cologne, Aix-la-Chapelle et les Pays-Bas, il y a eu aussi des mouvements tectoniques variés au cours du Tertiaire et du Quaternaire jusqu'aujourd'hui. A l'aval de Wesel, toutes les terrasses sont inversées.

La fig. 1 montre un profil transversal de la vallée du Rhin à hauteur de Cologne. La faille la plus importante est la faille de l'Erft séparant le socle de Ville de la dépression de l'Erft. Pendant le soulèvement du socle de Ville, le Rhin s'est encaissé à l'est de cette faille et les terrasses en gradins se sont développées, à savoir :

- quatre moyennes terrasses (MT), dont la quatrième correspond à l'avancée maximum du glacier nordique ;
- deux basses terrasses formées pendant la dernière glaciation (NT).

Le complexe des terrasses principales (HT) a été récemment divisé en quatre unités. Il se raccorde au plateau de Campine.

A l'ouest de la faille de l'Erft, les terrasses sont en ordre inverse ; elles se sont formées pendant l'affaissement tectonique et on trouve ainsi de la base au sommet :

- les graviers du Pliocène à Kieseloolithes ;
- les plus vieilles terrasses quaternaires et
- les deux premières terrasses principales (HT₁ et HT₂).

Remarquons que la base de la terrasse principale est décalée d'au moins soixante mètres de part et d'autre de la faille et le cailloutis est nettement plus épais du côté affaissé. Ceci démontre que la faille jouait pendant la formation de la terrasse. D'autre part, le sommet de la terrasse est aussi décalé, ce qui démontre que la faille a encore joué après la formation de la terrasse.

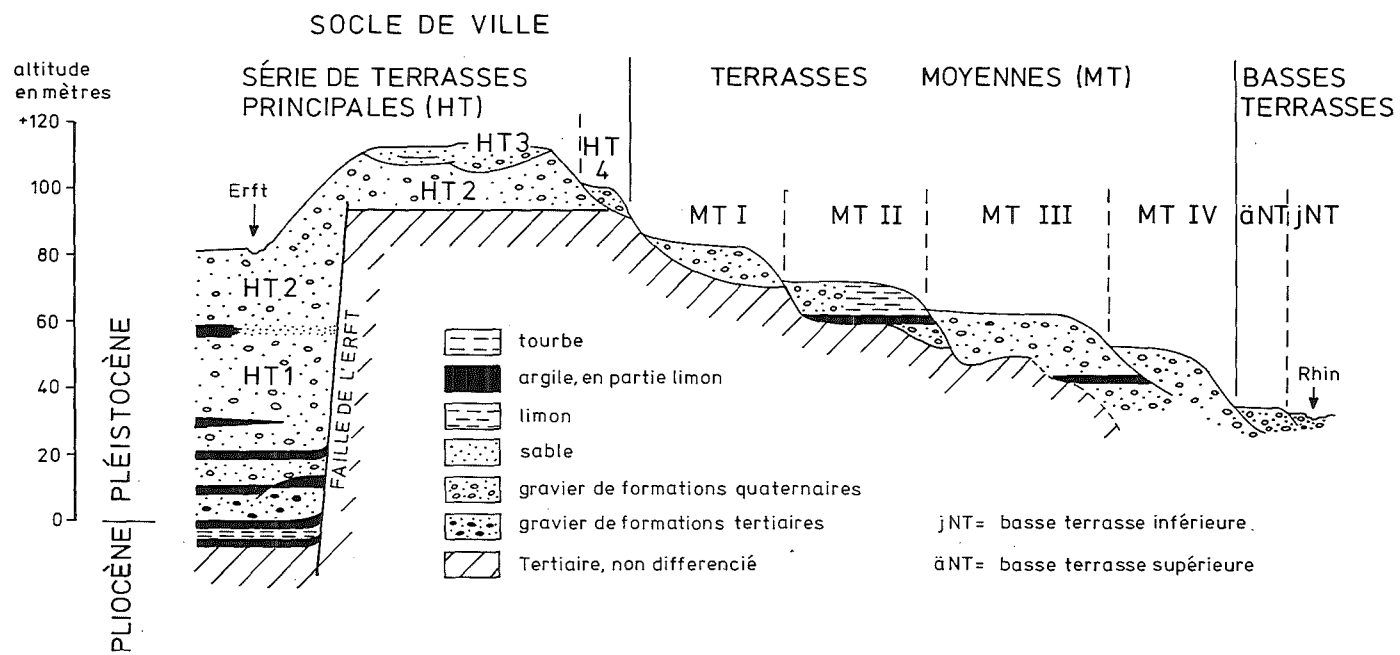


FIG. 1. — Coupe schématique entre l'Erft et le Rhin à hauteur de Cologne (d'après K. Brunacker, [4]).

Au terme de recherches pétrographiques récentes dans les dépôts rhénans de la Niederrheinische Bucht, il fut possible de préciser les étapes du développement du bassin du Rhin au Tertiaire et au Quaternaire (fig. 2) (W. Boenigk, [1] et [2]).

Au Miocène, la source du Rhin se trouvait seulement au Kaiserstuhl dans l'Oberrheingraben ; ceci est démontré par la présence des minéraux ubiquistes, de staurolite et de monazite dans les sables estuariens de la Niederrheinische Bucht, même sous les lignites.

Au Pliocène, on constate une régression dans l'apport des matériaux du Rhin supérieur. L'essentiel des matériaux observés dans les dépôts pliocènes de la baie du Rhin inférieur provient en effet de la Moselle et du massif Schisteux Rhénan. Ceci laisse supposer un affaissement accéléré de l'Oberrheingraben empêchant les sédiments de cette région d'atteindre le Rhin moyen et inférieur.

Au Pliocène supérieur, le bassin du Rhin s'est étendu au moins jusqu'aux molasses alsaciennes et probablement jusqu'aux molasses alpines. Ceci est démontré par l'apparition du grenat, de l'épidote, de l'altérite et de la hornblende verte dans le spectre des minéraux denses des dépôts rhénans de la Niederrheinische Bucht (fig. 2). Ces minéraux démontrent la première influence des Alpes sur les sédiments du Rhin.

D'après les analyses polliniques de von der Brelie, cette extension du bassin du Rhin pourrait être située au Reuverien B, soit il y a environ 2 500 000 ans. Un tel âge est en accord avec la polarité positive des sédiments qui implique leur appartenance à la période de Gauss, soit avant 2 450 000 ans. D'après les analyses des mollusques de ces couches, l'âge pourrait être plus ancien et correspondre à la base du Villafranchien, soit un âge d'environ 3 600 000 ans (W. Boenigk, G. von der Brelie et al., [3]).

Au temps des terrasses principales, le bassin de l'Aar s'est déversé dans le Rhin. Ceci se marque par l'accroissement des pourcentages de l'altérite (saussurite) dans la séquence des dépôts de la terrasse principale du Rhin (fig. 2).

Dans les dépôts de cette terrasse principale, le changement de polarité Matuyama/Brunhes a été récemment mis en évidence entre la HT₃ et la HT₄ (A. Koci et al., [7]). Ceci signifie un âge d'environ 700 000 ans, qui est donc aussi valable pour la terrasse principale de la Meuse correspondant au plateau de Campine.

C'est au début de la formation de la première moyenne terrasse que le Rhin alpin s'est déversé dans le Rhin supérieur. Dans la fig. 2, cet événement se marque par l'accroissement très net de la hornblende verte.

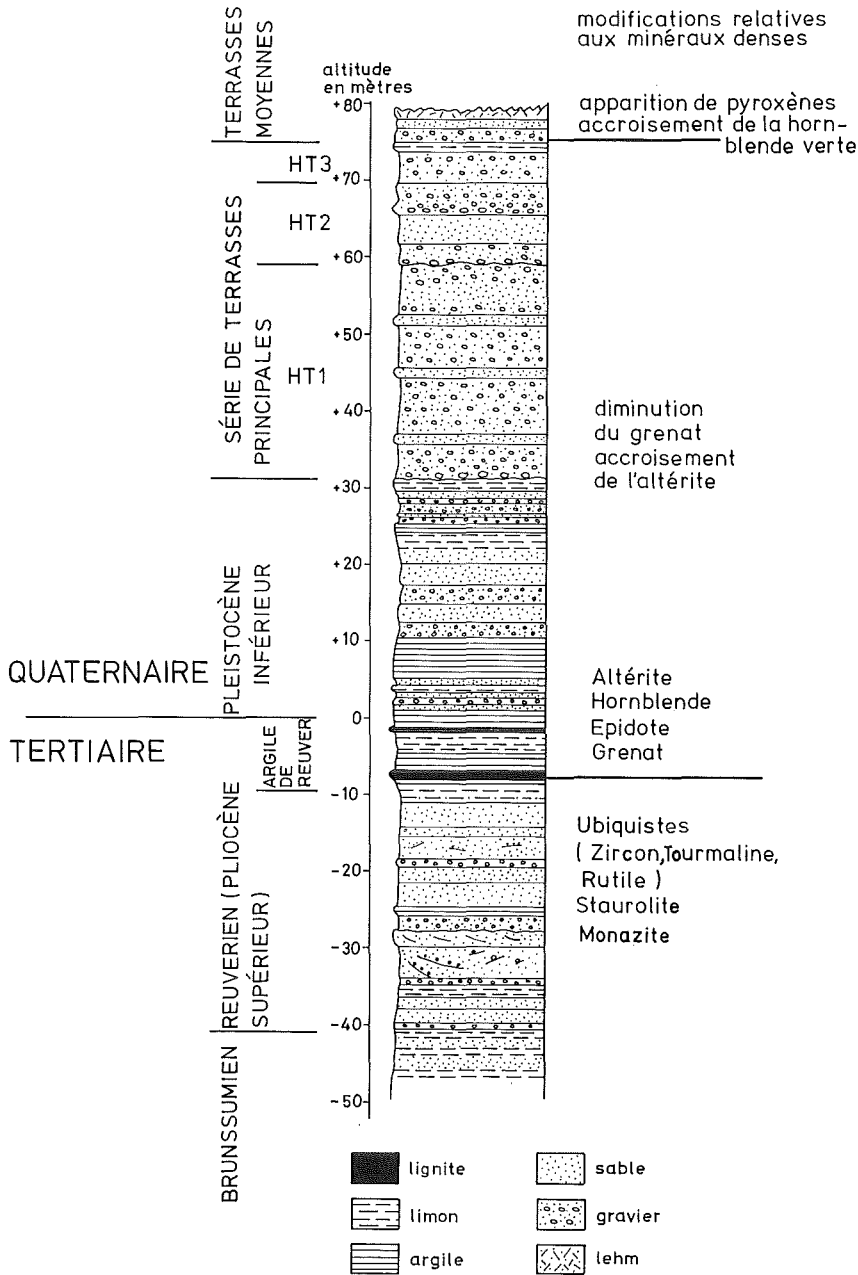


FIG. 2. — Succession des sédiments du Rhin à l'ouest du socle de Ville (voir fig. 1) du Tertiaire supérieur au Pléistocène moyen, avec les principales modifications relatives aux minéraux denses (d'après W. Boenigk, [1] et [2]).

Si la baie de Cologne est fondamentale pour l'étude du Quaternaire ancien et du Pliocène, le Rhin moyen est par contre le plus intéressant pour les recherches sur le Quaternaire moyen et supérieur.

On y trouve en effet interstratifiés :

- des dépôts de terrasses du Rhin ;
- des limons d'origine éolienne ;
- des produits d'origine volcanique.

Plusieurs dépôts volcaniques ont été datés de façon absolue par la méthode du potassium-argon (J. Frechen et H.J. Lippolt, [6]) et plusieurs autres de façon relative. Comme ces accumulations volcaniques sont parfois largement dispersées non seulement en Allemagne mais aussi en dehors, elles ont un grand intérêt en stratigraphie.

D'autre part, le Professeur K. Brunnacker et ses collaborateurs ont effectué des études stratigraphiques de différents profils de terrasses et de loess dans la région du Rhin moyen en y appliquant les différentes techniques connues en stratigraphie du Quaternaire.

Les conclusions essentielles de ces recherches sont résumées ci-dessous.

1° Le volcanisme quaternaire de cette région peut être divisé en quatre phases d'activité essentielle.

- La première phase d'activité volcanique importante s'étend depuis environ 600 000 ans jusqu'à environ 350 000 ans. Il y correspond une émission énorme de Selbergittuff largement répandu dans l'Eifel oriental. Les éruptions sont en relation avec l'apparition de nombreux pyroxènes dans la première terrasse moyenne (fig. 2).
- La deuxième phase est caractérisée par des éruptions importantes de pierre ponce dans le Wehrer Kessel et par l'activité de plusieurs volcans basaltiques. Les pierres ponces du Wehrer Kessel sont largement dispersées dans la région. Cette phase se situe entre environ 350 000 et 250 000 ans.
- Le Brockentuff de Kärlich se situe dans une troisième phase volcanique qui va d'environ 250 000 à 100 000 ans. Dans cette phase, plusieurs volcans basaltiques étaient aussi en activité.
- La quatrième et dernière phase est limitée à la dernière glaciation et elle est caractérisée par des émissions énormes de pierres ponces du Laacher See qui sont en partie retombées sur la Belgique. Cette phase s'est terminée par une éruption au Dryas récent.

2° Dans la région du Rhin moyen, on peut distinguer au moins six glaciations après la formation de la terrasse principale du Rhin. Pour désigner ces glaciations, un nomenclature propre est utilisée, car il

n'est pas possible d'établir une corrélation certaine avec les nomenclatures alpine ou nordique.

- 3° En matière de téphrostratigraphie, les volcans situés dans le Würm par J. Frechen sont répartis par nous entre les trois dernières glaciation et les deux derniers interglaciaires (H. Windheuser, [12] et H. Windheuser et K. Brunnacker, [13]).
- 4° J. Frechen [5] a mis en corrélation avec la terrasse principale des tufs dont l'âge absolu déterminé par la méthode du potassium-argon est d'environ 350 000 ans. Nos recherches paléomagnétiques ont montré que la terrasse principale a environ 700 000 ans ; les tufs dont

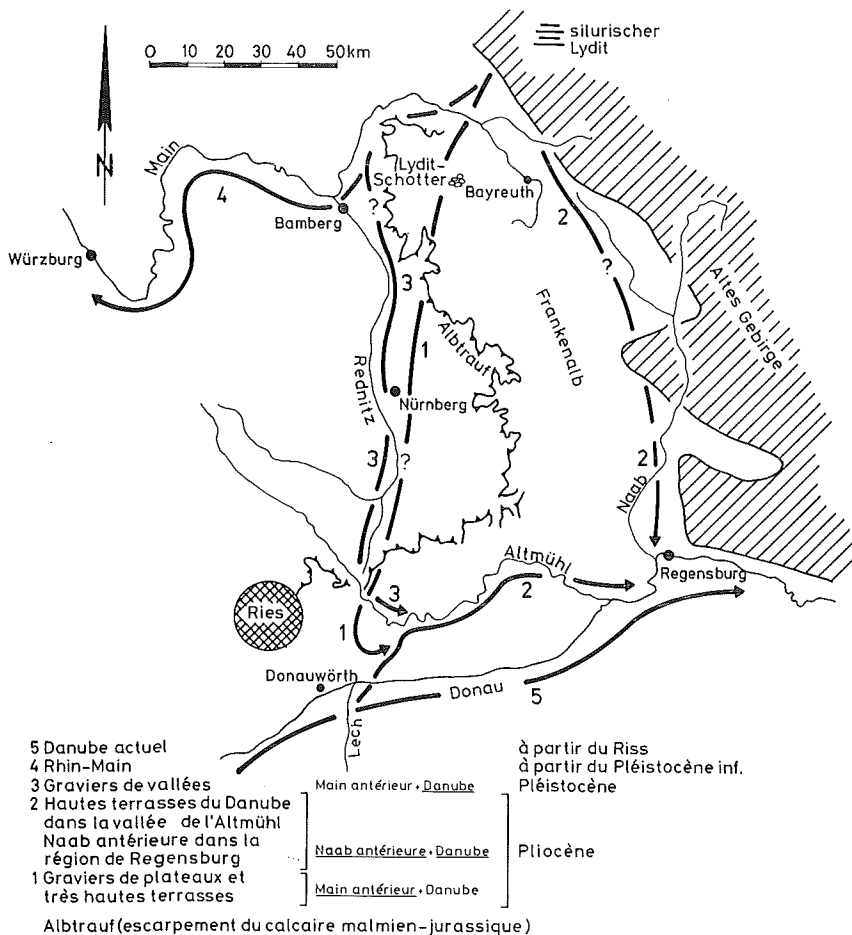


FIG. 3. — L'évolution du réseau hydrographique entre le Danube supérieur et le Main (d'après W. Tillmanns, [10] et [11]).

l'âge est d'environ 350 000 ans sont donc, selon nous, en relation avec les terrasses moyennes. Un de ces tufs est d'ailleurs interstratifié dans la terrasse moyenne à Ariendorf.

L'évolution du réseau hydrographique entre le Danube et le Main a aussi fait l'objet de recherches récentes dans notre laboratoire (W. Tillmanns, [10] et [11]). Au cours du Quaternaire, le bassin du Danube a été plusieurs fois amputé au bénéfice du Rhin — notamment par un changement de direction du Main — et même aujourd'hui sa partie supérieure est encore menacée de capture au bénéfice du Rhin. Les résultats principaux sont présentés ci-dessous (fig. 3).

Au Pliocène, le Main coulait vers le sud suivant la ligne 1. Il ne reste aucune trace du Danube de cette époque. La preuve de cet écoulement est fournie par la présence sur le plateau d'un gravier de couverture contenant des lidites, qui ont été fournies par un affleurement situé dans le massif de Bohême. Ces graviers existent encore dans les hautes terrasses de vallée.

Les premières traces de l'existence du Danube dans cette région remontent à la fin du Pliocène. Elles subsistent sous forme d'un gravier contenant des matériaux alpins dans l'actuelle vallée de l'Altmühl. A ce moment, la Naab coulait au pied du massif de Bohême (les lignes 2 dans la fig. 3).

Au Quaternaire inférieur, le Main empruntait la vallée de la Rednitz actuelle, mais a contresens (la ligne 3). Il se jetait alors dans le Danube. La preuve de cet écoulement est encore fournie par la présence de lidite dans les terrasses. A l'aval de la confluence, ce sont les matériaux alpins du Danube qui dominent, avec notamment les radiolarites et, parmi les minéraux denses, le grenat, l'épidote et la hornblende verte. Sur l'une des hautes terrasses du Danube, dans la région de Ratisbonne (Regensburg), la limite de polarité Matuyama/Brunhes a été mise en évidence dans les loess de couverture (W. Brunnacker et al., [4]).

A la fin du Quaternaire inférieur, le Main supérieur a changé de direction pour s'écouler vers le Rhin suivant sa vallée actuelle (la ligne 4). Ce changement peut être situé au début de la formation de la terrasse principale, car c'est dans celle-ci qu'apparaît pour la première fois la lidite du massif de Bohême (A. Schnütgen et K. Brunnacker, [9]).

Au Quaternaire moyen, l'érosion régressive s'est développée dans la vallée de la Rednitz à partir du Main et cet affluent du Danube a été capturé. Le coude de capture est encore visible.

A partir du Riss, le Danube tout à fait supérieur a été capturé et s'est ainsi déplacé vers le sud suivant la ligne 5 dans la fig. 3.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] BOENIGK W. — *Gliederung der altquartären Ablagerungen in der Niederrheinischen Bucht*, dans *Fortschr. Geol. Rheinl. u. West.*, t. 28, 1978, pp. 135-212.
 - [2] BOENIGK W. — *Zur Ausbildung und Entstehung der jungtertiären Sedimente in der Niederrheinischen Bucht*, dans *Köln. Geogr. Arb.*, t. 36, 1978, pp. 59-68.
 - [3] BOENIGK W., BRELIE G. VON DER, BRUNNACKER K., KOCI A., SCHLICKUM W.R. et STRAUCH F. — *Zur Pliozän-Pleistozän-Grenze im Bereich der Ville (Niederrheinische Bucht)*, dans *Newsl. Stratigr.*, t. 3, 1974, pp. 219-421.
 - [4] BRUNNACKER K., BOENIGK W., KOCI A. et TILLMANNNS W. — *Die Matuyama/Brunhes-Grenze am Rhein und an der Donau*, dans *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.*, t. 151, 1976, pp. 358-378.
 - [5] FRECHEN J. — *Siebengebirge am Rhein — Laacher Vulkangebiet — Maargebiet der Westeifel. Vulkanologisch-petrographische Exkursionen*, Slg. geol. Führer, t. 56, 1976, 209 p.
 - [6] FRECHEN J. et LIPPOLT H.J. — *Kalium -Argon-Daten zum Alter des Laacher Vulkanismus, der Rheinterrassen und der Eiszeiten*, dans *Eiszeitalter u. Gegenwart*, t. 16, 1965, pp. 5-30.
 - [7] KOCI A., SCHIRMER W. et BRUNNACKER K. — *Paläomagnetische Daten aus dem mittleren Pleistozän des Rhein-Main-Raumes*, dans *N. Jb. Geol. Paläont. Mh.*, t. 9, 1973, pp. 545-554.
 - [8] QUITZOW H.W. — *Das Rheintal und seine Entstehung. Bestandsaufnahme und Versuch einer Synthese*, dans *Cent. de la Soc. géol. de Belg. L'évolution quaternaire des bassins fluviaux de la mer du Nord méridionale*, Liège 1974, pp. 53-104.
 - [9] SCHNÜTGEN A. et BRUNNACKER K. — *Zur Kieselschiefer-Führung in Schottern am Niederrhein*, dans *Decheniana*, t. 130, 1976, pp. 293-298.
 - [10] TILLMANNNS W. — *Zur Geschichte von Urmain und Urdonau zwischen Bamberg, Neuburg/Donau und Regensburg*, Sonderveröff. Geol. Inst. Univ. Köln, t. 30, 1977, 198 p.
 - [11] TILLMANNNS W. — *Die postriesische Flußgeschichte in Nordostbayern*, dans *Schriftenreihe Bayer. Landesamt f. Wasserwirtschaft*, t. 7, 1978, p. 27.
 - [12] WINDHEUSER H. — *Die Stellung des Laacher Vulkanismus (Osteifel) im Quartär*, Sonderveröff. Geol. Inst. Univ. Köln, t. 31, 1977, 223 p.
 - [13] WINDHEUSER H. et BRUNNACKER K. — *Zeitstellung und Tephrostratigraphie des quartären Osteifel-Vulkanismus*, dans *Geol. Jb. Hessen*, t. 106, 1978, pp. 261-271.
-

