

LA STRATIGRAPHIE DU QUATERNAIRE EN BELGIQUE ÉTAT DES CONNAISSANCES (*)

ÉTIENNE JUVIGNÉ (**)

(1 hors-texte)

RÉSUMÉ

La dernière synthèse bibliographique concernant l'ensemble du Quaternaire belge date de 1954 (R. TAVERNIER). Depuis ce moment, des progrès importants ont été réalisés en chrono-, litho- et bio-stratigraphie.

Le présent travail retient et coordonne les principaux résultats obtenus en Belgique dans ces différents domaines depuis leurs origines jusqu'à nos jours.

Une synthèse de l'ensemble des résultats est présentée sous forme d'un tableau synoptique.

ABSTRACT

The last bibliographic synthesis concerning the whole of the Belgian Quaternary dates from 1954 (R. TAVERNIER). Since that time important progress has been made in the study of the chrono-, litho- and bio-stratigraphy.

The present study reviews and synthesises the main results obtained in these different aspects of the subject up to the present day. A synoptic table is presented.

INTRODUCTION :

HISTORIQUE DE LA STRATIGRAPHIE DU QUATERNAIRE EN BELGIQUE

Le terme Quaternaire (DESNOYER, 1829) s'est implanté définitivement en Belgique en 1839 lors de la publication de la « Carte géologique de Belgique en neuf feuilles au 1/160.000^e » de A. DUMONT. Cet auteur distingue dans le Quaternaire deux Époques que l'on retrouve encore dans la légende de la carte géologique actuelle, la supérieure ou Moderne et l'inférieure ou Diluvien.

La plupart des recherches effectuées en Belgique dans des terrains quaternaires au cours du XIX^e et du début du XX^e siècles concernent presque essentiellement la lithologie, la paléontologie animale et secondairement l'archéologie. L'ensemble de ces travaux ont abouti à l'établissement d'une échelle stratigraphique officialisée dans le cadre de la carte géologique de notre pays (Arrêté Royal du 31 décembre 1889).

Dans sa présentation de 1929, cette légende distingue l'Époque Moderne (Système holocène) de l'Époque Quaternaire correspondant au système Pléistocène divisé lui-même en Pléistocène supérieur et Pléistocène inférieur.

Dans la pratique, cette stratigraphie est aujourd'hui abandonnée et remplacée

(*) Communication présentée le 8 janvier 1974, manuscrit déposé le 14 décembre 1973.

(**) Université de Liège, Laboratoire de géologie et de géographie physique, place du Vingt-Août 7, B-4000 Liège.

par des divisions basées sur l'alternance de périodes glaciaires et interglaciaires pendant le Quaternaire.

Nous pensons que A. RUTOT joue un rôle important dans cette modification. Il a tenté le premier de paralléliser la stratigraphie belge du Quaternaire et les principaux travaux réalisés à l'étranger.

1. En 1889, il établit une corrélation entre nos Ages Moderne, Flandrien, Brabantien, Hesbayen, Campinien et Moséen d'une part, et les glaciaires et interglaciaires admis par J. GEIKIE (1874) en Écosse d'autre part.
2. En 1910, il parallélise la même légende belge avec les quatre glaciations alpines de A. PENCK et E. BRUECKNER (1909) : Günz, Mindel, Riss et Würm.
3. En 1919 et 1920, il rapproche la stratigraphie de nos terrasses et de nos limons avec les importants résultats obtenus en France par J. LADRIÈRE (1890) et V. COM-MONT (1912).

Si nous savons aujourd'hui que les parallélismes établis par A. RUTOT sont souvent erronés, il n'en reste pas moins qu'avec lui notre stratigraphie a pris son orientation actuelle parce qu'il a su choisir parmi les travaux étrangers les ouvrages de grande valeur.

HALLEZ (1919) propose aussi un rapprochement entre les glaciations et des terrasses fluviales de notre pays. Ch. FRAIPONT (1928) situe quelques découvertes archéologiques de notre pays dans leur contexte européen sur la base de la stratigraphie glaciaire de A. PENCK et E. BRUECKNER (1909).

Toutefois, il faut attendre R. TAVERNIER (1943) pour voir se corriger, se préciser et se développer la connaissance de notre stratigraphie du Quaternaire. Dans son travail sur « De Kwartair afzettingen in België », cet auteur relie les observations faites en Belgique avec des découvertes importantes effectuées par des chercheurs néerlandais aux Pays-Bas.

Il tire de cette comparaison un tableau où l'on voit apparaître, pour la première fois chez nous, des datations absolues, la subdivision de l'Holocène suivant le schéma de Blytt-Sernander, une relation justifiée entre les âges de la légende de notre carte géologique et la stratigraphie glaciaire de A. PENCK et E. BRUECKNER (1909).

R. TAVERNIER, en 1948, publie un nouveau tableau dans lequel il enregistre les progrès réalisés chez nous dans les cinq années précédentes notamment par lui-même. La morphogenèse trouve une large place dans ce tableau. Pour la première fois en Belgique l'Étage vistulien (*) est divisé en 3 sous-Étages sédimentaires limités au sommet par un « ancien sol de végétation ».

F. GULLENTOPS (1954) propose la bipartition du vistulien de part et d'autre du paléosol de Kesselt et le nom de sol de Rocourt pour désigner le paléosol d'âge Eem formé dans les loess saaliens sous climat méditerranéen. R. TAVERNIER (1954) divise le Tardiglaciaire belge à la façon de T. VAN DER HAMMEN (1951), en comparant des travaux de cet auteur avec des recherches morphologiques et palynologiques faites notamment dans le Nord de notre pays.

(*) D'accord avec les conclusions de R. PAEPE (dans R. PAEPE et R. VAN HOORNE, 1967), nous avons adopté systématiquement dans notre travail le vocabulaire propre à la chronostratigraphie nordique. C'est ainsi que, dans un souci d'uniformisation et de clarté, nous employons à côté des noms de plusieurs auteurs un vocabulaire qu'ils n'ont pas eux-mêmes utilisé.

En séance, R. Paepe fait remarquer que le terme allemand (Weichsel) devrait être retenu pour désigner la glaciation de la vistule en raison de la localisation du stratotype en Allemagne.

R. TAVERNIER et J. de HEINZELIN (1957) publient un tableau détaillé du Pléistocène supérieur (Eemien et Vistulien) de façon à paralléliser la lithostratigraphie avec les Industries préhistoriques.

E. M. DRICOT (1961), étudie les argiles de la Campine à Beerse. En s'inspirant des travaux de W. H. ZAGWIJN (1960), il leur attribue un âge Eburon ou Ménap et admet par le fait même l'existence de six glaciations (au lieu de quatre) pendant le Quaternaire.

R. PAEPE (1964, 1967), sur la base de très nombreuses descriptions de coupes à travers notre pays, élabore successivement deux tableaux stratigraphiques. Dans ses recherches, il accorde une importance fondamentale aux structures sédimentaires, aux formes périglaciaires et aux types de paléosols dont il signale quelquefois l'âge absolu. En 1967, cet auteur fait remarquer que nos formations du Pléistocène supérieur se raccordent stratigraphiquement par l'intermédiaire des dépôts marins eemiens aux séquences des dépôts nordiques et ne retient que la nomenclature qui se rapporte à celles-ci, tant qu'un synchronisme parfait avec les glaciations alpines n'est pas démontré. Il conclut à une sédimentation *bicycle* pendant la glaciation de la Vistule et en propose conséquemment la bipartition.

Enfin, B. BASTIN (1971), à la suite d'études palynologiques dans plusieurs coupes de loess se range parmi les partisans de la tripartition du Vistulien au sein duquel il admet l'existence de cinq interstades.

CHAPITRE I

CHRONOSTRATIGRAPHIE

1. *Vocabulaire*

Dans notre texte et la colonne chronostratigraphique de notre tableau, les formations sont donc classées suivant la hiérarchie recommandée par le Congrès Géologique International de Montréal (1971); Erathème, Système (*), Série, Étage, Sous-Étage et les laps de temps y correspondant dans l'ordre sont l'Ère, la Période, l'Époque, l'Age et le Sous-Age (Sous-Age : dans F. VAN EYSINGA, 1972).

Toujours selon les recommandations du Congrès Géologique de Montréal (1971) nous ajoutons le suffixe « IEN » pour désigner les Formations d'un Age déterminé.

Afin d'éviter les confusions avec les termes équivalents utilisés soit adjectivement soit dans leur sens général, nous avons affecté ces termes d'une majuscule lorsqu'ils désignent les formations géologiques ou les durées correspondantes.

Exemple : Le Vistulien désigne la Formation constituée de l'ensemble des strates vistuliennes, c'est-à-dire celles qui se sont mises en place durant la glaciation de la Vistule.

2. *Échelle absolue et datation*

A notre connaissance, R. TAVERNIER (1943) est le seul à rapporter à une échelle des âges absolus l'ensemble du Quaternaire belge. A cette époque, l'auteur semble admettre la courbe du rayonnement solaire pour les 600.000 dernières années (M. MILANKOVITCH, 1930) et la courbe des glaciations pour la même période (W. SOER-

(*) Dans notre classification l'Érathème est le Cénotoïque, le Système est le Quaternaire, les Séries, Étages et Sous-étages figurent dans le tableau annexé.

GEL, 1937). En conséquence, il admet que notre Quaternaire a duré ± 600.000 ans pendant lesquels 4 glaciations se sont succédées (Ménap, Elster, Saal, Vistule).

Par la suite, plusieurs travaux réalisés à l'étranger attribuent au Quaternaire une durée plus longue et variable suivant les auteurs entre un et trois millions d'années.

Nous avons adopté dans notre tableau une durée de l'ordre de 2 millions d'années en tenant compte de datations sur des échantillons prélevés dans notre pays et en choisissant parmi d'autres réalisées à l'étranger celles qui par des corrélations stratigraphiques sont applicables à des niveaux observés en Belgique.

Pour le Tardiglaciaire et l'Holocène, les datations ^{14}C sont abondantes (E. GILOT et al. 1969) aussi nous nous sommes limité ici à présenter celles qui s'approchent davantage des limites généralement admises pour séparer les Ages et les Sous-Ages.

Pour la glaciation de la Vistule et le Tardiglaciaire, par contre, nous avons retenu toutes les datations ^{14}C que nous avons trouvées dans la littérature et qui ont été commandées à des fins stratigraphiques. Elles émanent des laboratoires de Louvain (Lv et Crêvecœur) et de Groningen (GrN).

Pour les Ages antérieurs, nous avons retenu des datations par la méthode K-Ar (J. EVERNDEN et al., 1957) publiées par J. FRECHEN (1971) concernant notamment les terrasses du Rhin dont le raccord est connu avec celles de la Meuse (QUITZOW H. W. et ZONNEVELD J. I. S., 1956 et ZONNEVELD J. I. S., 1957).

Enfin, deux datations par la méthode du Paléomagnétisme existent à ce jour en Belgique. Elles sont proposées par H. M. VAN MONTFRANS et rapportées par R. PAEPE et R. VAN HOORNE (1970).

Lecture du tableau : colonne échelle absolue et datations

Nous attirons l'attention sur le fait que l'échelle est en trois parties, chacune arithmétique mais de valeur différente. Les deux changements se situent l'un à -15.000 ans, l'autre à -70.000 ans. Ceci résulte de la quantité décroissante des renseignements disponibles quand on remonte dans le temps.

De plus, nous avons fait figurer dans cette colonne les datations obtenues en Belgique et aussi celles concernant les terrasses du Rhin parallélisées avec celles de la Meuse. Des astérisques précisent au sein du tableau les formations qui ont fait l'objet des déterminations quelles que soient les méthodes utilisées (radioactivité ou paléomagnétisme).

3. *Le paléomagnétisme*

Le paléomagnétisme étudie les modifications de magnétisme terrestre au cours des temps géologiques et s'intéresse notamment aux renversements de la polarité magnétique de 180° (le pôle N magnétique devenant le pôle S et inversement).

En Belgique, un essai de datation par paléomagnétisme a été tenté par M. M. VAN MONTFRANS (1971) dans des formations quaternaires à Beerse. Cet auteur reconnaît une polarité normale (Jaramillo Event) dans les argiles supérieures (Argiles de Turnhout) et une polarité inverse (Gilsa Event) à la base des sables sous-jacents. En conséquence, les argiles de Rijkevorsel sous-jacentes ont un âge supérieur à $1.600.000$ ans.

Lecture du tableau : paléomagnétisme

Nous avons retenu dans notre tableau l'échelle de COX et DALRYMPLE (1967) complétée par P. BOUT et R. BROUSSE (1969). Ces auteurs proposent une distinction entre les « Epochs » magnétiques et les « Events » magnétiques. Les premières sont des périodes longues dominées par l'une des deux polarités, les secondes en sont de courtes sous-divisions chronologiques caractérisées par une polarité contraire.

Dans ces conditions, le Quaternaire se répartit sur deux époques magnétiques (Brunhes Normal Epoch et Matuyama Reversed Epoch). Au sein de la « Matuyama Reversed Epoch » trois « Events » de polarité normale sont connus (Jaramillo, Gilsa, Olduvai) tandis que pendant la « Brunhes Normal Period » un « Event » de polarité inverse a été mis en évidence (Laschamp).

Remarque

Le lecteur s'interrogera probablement sur les raisons pour lesquelles nous proposons dans notre tableau une durée bien plus longue pour les âges Tegelen, Eburon, Waal, que pour les autres plus récents.

Nous voudrions déjà nous justifier ici par le souci de respecter les résultats pré-cités de H. VAN MONTFRANS (1971) en relation avec les interprétations concernant les mêmes terrains et proposées par R. PAEFE et R. VAN HOORNE (1970). Ces dernières interprétations sont rapportées dans notre chapitre III, partie I.

CHAPITRE II

LITHOSTRATIGRAPHIE

En plus de la description des formations sédimentaires et de leur superposition, les paléosols, les minéraux lourds et les structures périglaciaires peuvent être utilisés dans certains cas comme des moyens stratigraphiques (Key Beds).

Dans ces domaines, les travaux sont beaucoup trop nombreux pour que nous puissions les considérer individuellement dans le cadre de ce chapitre. Nous nous limiterons à retenir les travaux de synthèse, mais nous consacrerons aux terrasses fluviales, aux paléosols et aux minéraux lourds, des chapitres particuliers.

1. *Lithostratigraphie générale*

A. DUMONT (1839) propose 3 niveaux stratigraphiques, le limon hesbayen, le sable campinien et les sables et cailloux. Nous savons aujourd'hui que cette distinction n'a pas de signification stratigraphique.

Après A. DUMONT de nombreux auteurs vont consacrer leurs efforts à détailler la lithostratigraphie du Quaternaire belge et élaborer la légende de notre carte géologique actuelle.

Une critique de ces travaux nous semble superflue puisqu'aujourd'hui chacun s'accorde à reconnaître que cette légende est totalement inadaptée à l'échelle chronostratigraphique basée sur les alternances de périodes glaciaires et interglaciaires.

Plusieurs essais originaux ont été tentés par la suite.

A. RUTOT (1919) distingue 3 assises dans le Quaternaire supérieur et une seule dans le Quaternaire moyen. En principe, chacune est constituée d'un cailloutis de base surmonté de sable ou de limon. La stratigraphie de son Quaternaire inférieur consiste essentiellement en trois niveaux de terrasses fluviales dans plusieurs vallées de Belgique.

HALLEZ (1919) propose aussi une lithostratigraphie plus simple que celle de A. RUTOT (1919) mais dans le même esprit. Son Quaternaire est divisé en trois époques : inférieure à cailloutis, moyenne à limon rouge sur cailloutis et supérieure à ergon sur cailloutis.

Il faut alors attendre R. TAVERNIER (1943, 1946, 1957) pour voir apparaître une stratigraphie qui fera école. Cet auteur distingue l'Holocène, quatre glaciaires et trois interglaciaires.

Au sein de l'Holocène, il reconnaît dans les Formations de la plaine maritime et de l'intérieur du pays des phases sédimentaires en relation avec l'évolution climatique et végétale proposée par Blytt-Sernander. Au sein du Vistulien, R. TAVERNIER fait une distinction entre la sédimentation dans la plaine maritime, le bassin de l'Escaut, la région limoneuse et les terrasses du bassin de la Meuse.

En ce qui concerne les périodes précédentes, ce même auteur se limite à situer stratigraphiquement des dépôts bien connus comme la Traînée Mosanne, les sables de Mol, les argiles de la Campine et les Hautes et Moyennes terrasses fluviales.

F. GULLENTOPS (1954) étudie de nombreuses coupes réparties en Ardenne et dans la région limoneuse et élabore un essai de stratigraphie sur des bases lithologiques, morphogénétiques et pédogénétiques.

R. PAEPE (1964, 1967) décrit un grand nombre de coupes à travers le pays et notamment au Nord du sillon Sambre-Meuse. En 1967, il propose une synthèse de ses observations. Il divise le Vistulien en deux Sous Étages lithostratigraphiques en relation avec deux cycles sédimentaires : le premier avec solifluxion dominante en période froide et humide, le second éolien sous climat froid et sec.

L'auteur décrit notamment six paléosols à des niveaux différents du Vistulien, des structures périglaciaires en relation avec les différentes phases froides, et des cailloutis résiduels (« desert pavement ») résultant de la déflation éolienne pendant des phases de froid intense.

Lecture du tableau : lithostratigraphie générale

Seul R. TAVERNIER (1954) propose une synthèse lithostratigraphique pour l'Holocène. Toutefois, il ne fait aucune distinction entre les diverses régions de l'intérieur du pays. Pour cette raison, ses remarques couvrent dans le tableau l'ensemble des régions continentales.

La partie consacrée au Vistulien, à l'Eemien et au Saalien est extraite du tableau de R. PAEPE (1967). Afin d'en simplifier la lecture, nous en avons dissocié les éléments relatifs aux formations sédimentaires, aux paléosols et aux structures périglaciaires.

Les renseignements relatifs à l'Ardenne sont extraits de R. PAEPE (1969), F. GULLENTOPS (1954) et B. BASTIN et al. (1972).

Les résultats concernant le Waalien, l'Eburonien et le Tiglien sont dus à E. H. DRICOT (1961) et R. PAEPE et R. VAN HOORNE (1970).

Nous avons rattaché la partie supérieure des sables de Mol au Pré-Tegelen parce qu'ils sont stratigraphiquement inférieurs aux argiles de la Campine et que R. TAVERNIER (1954) les répartit entre le Quaternaire et le Tertiaire.

2. *Les terrasses fluviales*

La chronostratigraphie des terrasses est mal connue en Belgique. Seul E. PAU-

LISSEN (1971) propose des arguments concrets pour dater les terrasses inférieures de la Meuse (cryoturbations syngénétiques du dépôt fluviatile, paléosols, sables de couverture...). Ses déterminations ne remontent toutefois pas au-delà de la glaciation d'Elster.

Cependant, par la corrélation effectuée entre les terrasses de la Meuse et celles du Rhin (QUITZOW H. W. et ZONNEVELD J. I. S., 1956; ZONNEVELD J. I. S., 1957) nous pouvons utiliser en Belgique les datations effectuées sur les niveaux rhénans.

D'une part, la relation directe entre la Untere Mittelterrasse et la Moraine terminale saalienne a été observée (STEEGER A., 1931). D'autre part, plusieurs datations absolues sont connues. Elles sont basées sur des études pétrographiques des différents niveaux de terrasses dans lesquelles on trouve des éléments volcaniques issus de divers cratères eiféliens dont l'activité a été datée par la méthode K. Ar. Les résultats ont été rassemblés par J. FRECHEN (1971).

Dans ce paragraphe se pose la question particulière de savoir si la Trainée mosane doit être considérée comme une terrasse de la Meuse d'âge quaternaire. Depuis l'article de synthèse de P. MACAR (1947), ni son aspect continental ni sa valeur de terrasse fluviale n'ont été contestés, et en conséquence nous la faisons donc figurer dans la liste des terrasses de la Meuse.

Lecture du tableau : terrasses fluviales

Pour la présente étude, nous retiendrons seulement qu'on ne peut lier essentiellement la formation des terrasses aux alternances climatiques quaternaires.

Le lecteur ne s'étonnera donc pas de constater que, dans notre tableau stratigraphique, nous n'avons pas toujours délimité de façon stricte les différents niveaux de terrasses.

Dans notre tableau, nous avons retenu les terrasses de la Meuse — suivant la nomenclature de P. MACAR (1938) — parce qu'elles sont mieux individualisées et mieux connues que celles du bassin de l'Escaut et aussi parce que A. CHAPÉLIER (1948), J. ALEXANDRE (1957), G. SÉRET (1957), C. EK (1957), F. LIBOTTE (1960) et A. PISSART (1961) y ont raccordé les terrasses des principaux affluents.

Pour les très basses terrasses, nous avons adopté la nomenclature de E. PAULISSEN (1971) qui, dans le Limbourg, a distingué des terrasses inconnues dans le cours moyen. Il démontre en plus que les phases de sédimentation des terrasses qu'il étudie correspondent aux périodes froides et celles d'encaissement aux périodes chaudes. Cette idée avait été défendue par P. MACAR et J. ALEXANDRE au Congrès INQUA à Madrid (1957).

3. *Les paléosols*

A notre connaissance, E. DELVAUX (1891) a le premier introduit dans notre littérature la notion de « vieux sol » (J. LADRIÈRE, 1890) à propos d'un horizon limoneux humifère fossile décrit à Mesvin.

Après lui, il faut attendre R. TAVERNIER (1948) pour que les « anciens sols de végétation » prennent une valeur stratigraphique. Cet auteur propose effectivement 1 cycle sédimentaire de loess pendant chacun des stades froids de la glaciation de la Vistule. Au sommet de chacun se trouve développé un sol interstadiaire.

F. GULLENTOPS (1954) décrit deux paléosols typiques dans les loess de Hesbaye. Le plus récent (sol de Kesselt) sépare deux cycles sédimentaires de loess vistulien et

est formé sous climat froid, tempéré et humide. Le plus ancien (sol de Rocourt) est apparenté aux sols rouges méditerranéens et se trouve sous le Vistulien. L'auteur lui attribue un âge Eem.

J. DE PLOEY (1961) décrit notamment un sol fossile d'âge Allerød, connu au Pays-Bas sous le nom de sol d'Usselo. (VAN DER HAMMEN, 1951).

Enfin, R. PAEPE (1964, 1967, 1968, 1969, 1972) reconnaît un grand nombre de paléosols. Il en décrit soigneusement diverses caractéristiques (granulométrie, développement du profil, coloration...) et leur attribue une valeur chronostratigraphique.

Lecture du tableau : Paléosols

Tous les sols figurant dans le même cadre se sont formés pendant un même Age ou un même Sous-âge. Dans ce cas, les noms de localité dont ils sont affectés n'ont qu'une valeur géographique.

4. Pétrologie : les minéraux denses

Pour le Quaternaire, c'est F. GULLENTOPS (1952, 1954) qui a le premier donné une valeur stratigraphique aux minéraux lourds observés dans notre pays. Ses conclusions portent d'une part sur les associations propres aux loess et d'autre part sur la reconnaissance de deux niveaux de poussières volcaniques d'origine eifélienne.

Les minéraux des loess

F. GULLENTOPS (1954) est le seul à décrire chez nous l'évolution stratigraphique des minéraux des loess. Dans l'ensemble, il les rattache au groupe A, de M. EDELMAN (1933). F. GULLENTOPS met en évidence une différence importante du rapport entre le nombre des hornblendes vertes et des épidotes dans les formations saaliennes et vistuliennes. Cette conclusion repose sur l'âge Eem, selon lui, d'un horizon humifère formé pendant la dégradation climatique de la fin de l'Eem et du début de la glaciation de la Vistule. Toutefois, l'âge de cet horizon humifère a été contesté par R. TAVERNIER et J. DE HEINZELIN (1957), R. PAEPE (1966) et B. BASTIN (1969 et 1971). Ce dernier publie notamment un diagramme pollinique de ce niveau dans lequel il reconnaît les interstades d'Amersfoort et de Brørup. Dès lors, nous croyons devoir déplacer au début de la dernière glaciation la modification minéralogique décrite par F. GULLENTOPS (1954).

Les poussières volcaniques

Plusieurs auteurs ont signalé, en Belgique, la présence de la hornblende basaltique, l'augite, le sphène ou l'entastite : J. DRUIFT (1927), F. GULLENTOPS (1952, 1954), P. BOURGUIGNON (1953, 1955), R. TAVERNIER et J. LARUELLE (1953), A. HULSHOF, P. JUNGERIUS et P. RIEZEBOS (1968), P. JUNGERIUS et H. MUCHER (1970 a et b) et E. JUVIGNÉ (dans E. JUVIGNÉ et W. MULLENDERS, 1972, dans B. BASTIN et al., 1972 et dans A. PISSART et al., 1972).

F. GULLENTOPS (1954) leur a, le premier, attribué une origine volcanique (Eifel) et une valeur stratigraphique en distinguant deux éruptions : la première à enstatite qui se place selon lui à la fin de l'Eem, la seconde dépourvue d'enstatite qui a lieu dans « la deuxième moitié de la dernière période froide ».

Les travaux postérieurs nous permettent aujourd'hui de préciser ces conclusions.

a) L'éruption à enstatite.

F. GULLENTOPS (1954) lui attribue un âge Eem sur la base de la présence de ces minéraux dans l'horizon humifère du sol de Rocourt. Comme nous avons accepté la correction d'âge proposée par B. BASTIN (1969 et 1971), nous localisons en conséquence cette éruption au début de la première partie de la glaciation de la Vistule.

b) L'éruption à sphène.

Plusieurs auteurs précisent la conclusion de F. GULLENTOPS (1954).

A. K. HULSHOF, P. D. JUNGERIUS et P. A. RIEZEBOS (1968) repèrent cette association dans une tourbe à Vance (Lorraine belge). Ils concluent à l'âge Allerød de l'éruption sur base de la position des cendres dans un diagramme pollinique. Toutefois, nous croyons devoir signaler que ces auteurs considèrent comme accidentelles les datations ^{14}C incompatibles avec le diagramme pollinique et effectuées sur des échantillons du lit tourbeux sous-jacent. Les résultats sont en effet trop jeunes et varient entre 5400 BP (GrN 4680) et 8.100 BP (GrN 4970).

R. BROUSSE et al., (1969) prennent position à ce sujet en émettant l'idée que ces cendres pourraient provenir de la Chaîne des Puys dont une émission à large rayonnement est datée de 8.200 BP. Pour notre part, nous avons observé ces poussières dans un niveau archéologique de l'Ahrensbourgien tout en constatant leur absence dans le Magdalénien supérieur (*). Par cette observation, nous ne pouvons admettre l'hypothèse de R. BROUSSE et al., (1969).

Lecture du tableau : minéraux denses

Concernant les cendres volcaniques, il subsiste une incertitude sur le moment précis de leur émission. Le laps de temps indiqué pour chacune de ces colonnes traduit cette incertitude.

CHAPITRE III

BIOSTRATIGRAPHIE

1. *Paléobotanique*

Jusqu'en 1928, le rôle de la paléobotanique dans la stratigraphie du Quaternaire belge est négligeable. Seules quelques déterminations isolées de macrorestes sont publiées : Cl. REID et F. REID (1907), Ch. BOMER (dans A. RUTOT, 1909) et J. MASSART (1920).

En 1928, G. ERDTMAN étudie les pollens de quelques tourbières d'âge holocène de la Baraque Michel. Il faut alors attendre une dizaine d'années pour voir d'autres auteurs suivre la voie ouverte par G. ERDTMAN.

M. SCHWICKERATH (1937), F. FLORSCHUTZ et E. L. VAN OYE (1938 et 1939), R. VAN HOORNE (1945, 1951, 1956), F. STOCKMANS (1946), PERSCH (1950), décrivent notamment des spectres polliniques dans des tourbières dont ils reconnaissent l'âge post-glaciaire. Quelques spectres situés à la base de ces tourbières prétendent illustrer

(*) Les renseignements archéologiques nous sont fournis par M. DEWEZ dans le cadre de notre collaboration dans l'étude du site du Coléoptère à Bomal.

la végétation de la fin du Tardiglaciaire (F. FLORSCHUTZ, 1937; F. FLORSCHUTZ et E. L. VAN OYE, 1938 et 1939).

L'ensemble de ces travaux débouche sur une bonne connaissance de l'évolution de la colonisation végétale de notre pays pendant l'Holocène.

E. M. DRICOT (1961) détermine les pollens et spores des argiles de la Campine à Beerse. Il en conclut à l'existence d'une phase glaciaire inconnue à l'époque en Belgique. Il l'appelle glaciation de Beerse et, cherchant à l'identifier aux glaciations décrites par W. H. ZAGWIJN (1960) aux Pays-Bas, il hésite entre l'Eburon et le Ménap. R. PAEPPE et R. VAN HOORNE (1970) associent le Beersien à la glaciation Eburon sur la base notamment de la présence de certains pollens tertiaires dans les argiles de Rijkevorsel sous-jacentes et leur absence dans celles de Turnhout sus-jacentes.

En 1961, J. DE PLOEY décrit des associations polliniques dans des tourbes représentant des parties de l'Holocène, du Vistule et de l'Eem. Il reconstitue sur la base de ces renseignements l'évolution de la couverture végétale de la Campine depuis l'Eem jusqu'à nos jours.

E. DRICOT (1960), W. MULLENDERS (1963, 1964, 1966) A. MUNAUT (1967) et M. COUTEAU (1969) décrivent l'évolution du couvert végétal en diverses régions de notre pays principalement pendant l'Holocène et W. MULLENDERS (1966) reconnaît pour la première fois chez nous l'oscillation de Piottino (ZOLLER, 1960). W. MULLENDERS (1966) décrit la transition botanique de l'Eem au Vistule dans un sédiment campinois à Oevel, en parallélisant ses résultats avec ceux de W. H. ZAGWIJN (1961).

Enfin, B. BASTIN (1971) exploite la méthode de FRENZEL pour déterminer des spectres polliniques dans des loess et des limons. Il couvre par ses descriptions une partie du Saalien et de l'Eemien et le Vistulien jusqu'au début du Tardiglaciaire. Il reconnaît notamment les interstades d'Amersfoort (W. ZAGWIJN, 1961), Brørup (S. ANDERSON, 1961) Odderade (F. AVERDIECK, 1967), Arcy-Stillfried B. (A. LEROI-GOURHAN, 1964), et pour la première fois en plein air celui de Laugerie-Lascaux (A. LEROI-GOURHAN, 1967).

La colonne « paléobotanique » de notre tableau synthétise brièvement les principaux résultats de ces différents auteurs.

En général les paléobotanistes et notamment les palynologues distinguent les périodes glaciaires, interglaciaires et interstadières sur la base de fluctuations du rapport entre le nombre des pollens d'arbres (A.P.) et celui des pollens de plantes herbacées (N.A.P.).

Il n'y a toutefois pas de valeur absolue de ce rapport (A.P./N.A.P.) qui permette de définir un Age glaciaire ou interglaciaire ou encore un Sous-Age stadiaire ou interstadière. Le palynologue exploite davantage les fluctuations relatives d'un Sous-Age à son suivant. En général, cependant, durant les stades glaciaires, les pollens arborés n'atteignent qu'exceptionnellement 50 % du total. Les espèces dominantes sont le plus souvent *Pinus*, *Betula*, *Alnus*. La présence simultanée de *Salix* à certains de ces Ages indique souvent un accroissement de l'humidité. Enfin, la majeure partie des pollens non arborés consistent fréquemment en Graminées ou en *Cyperacées* suivant les conditions édaphiques régionales.

Pendant les interstades, le taux des N.A.P. diminue au bénéfice des A.P. parmi lesquels des espèces thermophiles et mésophiles prennent de l'importance.

Pendant les interglaciaires, le taux des A.P. atteint des valeurs très élevées (rarement moins de 75 %) et les espèces thermophiles et mésophiles se développent davantage.

Lecture du tableau : Paléobotanique

Nous n'avons retenu dans le tableau que les pourcentages approximatifs de l'ensemble des A.P. en précisant les noms des espèces qui dans les spectres décrits par les différents auteurs se maintiennent au-dessus de 10 % de l'ensemble des pollens pendant le Sous-Age considéré.

De plus, nous avons indiqué à certaines limites entre des Sous-Ages, les critères permettant de reconnaître la transition de l'un à l'autre.

2. *Paléontologie animale*

1) Les mammifères

Avec SCHMERLING (1834), E. DUPONT (1867), P. COGELS et O. VAN ERTBORN (1880), les mammifères quaternaires jouent un rôle important dans la stratigraphie. Pendant un quart de siècle, O. VAN ERTBORN, notamment, (1880, 1903, 1905, 1907) insiste pour que la légende du quaternaire de notre carte géologique soit basée sur ce critère. Il tente d'imposer la tripartition suivante :

Étage inférieur à *Elephas antiquus*
 Étage moyen à *Elephas primigenius*
 Étage supérieur ou Post-Mammouthien.

A. RUTOT (1910) parallélise les principaux mammifères avec les 4 étages de la carte géologique. L'*Elephas trogontherii* est moséen. Le mammouth et le renne caractérisent le Campinien, le Hesbayen, le Brabantien (A. RUTOT, 1899) et le Flandrien. Le renne précède immédiatement l'étage Moderne.

A. RUTOT (1919), s'inspirant d'une part des travaux français de J. LADRIÈRE (1890) et V. COMMONT (1912) et d'autre part des travaux belges, propose une légende des couches modernes et quaternaires de la Belgique dans laquelle les mammifères interviennent à tous les niveaux du Quaternaire. De la base au sommet, nous trouvons successivement *Elephas antiquus*, *Elephas primigenius* et enfin le renne avec les rongeurs arctiques.

Toutefois, il reste difficile de situer sans l'échelle chronostratigraphique actuelle les couches dans lesquelles les fossiles ont été décrits. Aussi nous avons préféré recourir à un travail étranger (B. KURTEN, 1968) pour actualiser ces données.

2) Les mollusques

a. *Dans les sédiments eemiens*

La découverte de *Corbicula fluminalis* (G. DOLLFUS, 1884) dans l'Assise d'Ostende a permis à J. LORIE (1903) d'attribuer à ce niveau un âge Eem. Malgré quelques controverses (G. DUBOIS, 1923; A. HACQUAERT, 1931; F. HALET, 1931; R. TAVERNIER, 1946) la conclusion de J. LORIE (1903) s'est maintenue et s'est confirmée par la découverte de 3 loess vistuliens par-dessus l'assise fossilifère (R. TAVERNIER, 1948).

Des fragments de *Tapes senescens* sont signalés par NORDMAN (1908) dans l'assise d'Ostende, tandis que des espèces bivalves en place ont été trouvées par R. PAEPE (1965) en plusieurs endroits de la plaine côtière et notamment dans la vallée flamande sous les sédiments vistuliens. R. PAEPE (1965) observe aussi le passage latéral de ce fossile de l'assise d'Ostende dans le sol de Rocourt et assure ainsi la liaison entre les dépôts marins et continentaux.

b. dans le loess du Vistulien moyen

Helix hispida, *Pupa muscorum*, *Succinea oblonga*, et *Columella* sont fréquents dans les loess du Vistulien moyen. On éprouve cependant quelques difficultés à suivre ce niveau à travers la bibliographie car il y est connu sous différents noms : Hesbayen de A. RUTOT (1897), Ergeron inférieur de A. RUTOT (1919), Ergeron moyen de R. TAVERNIER (1948), Würm II de R. TAVERNIER (1954), Hesbayen de F. GULLENTOPS (1954).

3. Industries

Depuis SCHMERLING (1834) de très nombreuses descriptions d'industries ont été publiées dans notre pays. Toutefois les travaux d'archéologie stratigraphique sont rares ou difficilement exploitables. Nous devons à J. FRAIPONT et M. LOHEST (1886, 1912), A. BRIART et al. (1872), E. DELVAUX (1885, 1891) A. RUTOT (1900, 1902, 1920), M. DE PUYDT et al. (1913) des descriptions géologiques de formations quaternaires contenant des industries acheuléennes et moustériennes. Toutefois leurs descriptions sont difficilement transposables dans l'échelle chronostratigraphique actuelle malgré l'emploi par A. RUTOT (1902) des noms des périodes glaciaires pour situer certaines strates dans le temps.

Nous retiendrons encore une synthèse de H. BREUIL et L. KOSLOWSKI (1934) selon laquelle le Levalloisien I (ou Mesvinien) se situe dans le Saalien, le Levalloisien III b et IV dans l'Eemien, et le Levalloisien V et VI dans le Vistulien (*). Dans ces conditions, la transition entre l'Acheuléen et le Moustérien se situerait à la fin du Saal. Selon M. ULRIX-CLOSSET (*), le Moustérien n'apparaît très probablement chez nous qu'au début de la glaciation de la Vistule et évoluerait vers sa forme abritée pendant la dégradation climatique du début de cette glaciation. Il ne serait plus connu en plein air après l'interstade d'Odderade. J. DE HEINZELIN (1949) publie un procès-verbal de carence concernant l'archéologie stratigraphique au sein du paléolithique belge. Ce même auteur (1950, 1959, 1971) publie des descriptions très précises dans lesquelles il assure le parallélisme entre l'archéologie et la lithostratigraphie. Dans sa description de l'industrie du Périgordien final à Maisières-Canal, il rapporte en outre deux datations absolues : l'une se rapporte à l'industrie 16.015 BC (GrN 5523), l'autre à un sol fossile sous-jacent 28.830 BC (GrN 5690).

J. VERHEYLEWEGHEN (1956) décrit une industrie qu'il appelle Périgordienne à Lommel et F. GULLENTOPS la situe dans un horizon éluviaire d'un podzol fossile auquel il attribue un âge Allerød. Les conclusions respectives de ces deux auteurs seraient incompatibles mais F. L. VAN NOTEN (1967) a revu l'interprétation de J. VERHEYLEWEGHEN et situe dans le Tjongérien l'industrie décrite par cet auteur. R. TAVERNIER et J. DE HEINZELIN (1957) parallélisent la lithostatigraphie du Vistulien et de l'Eemien avec les industries lithiques. H. G. LEFRANC et P. H. MOISIN (1965) publient deux datations ¹⁴C d'un gisement néolithique (3270 B.C. Lv 65 et 3390 B.C. Lv 216). J. S. DE LAET (1966-67) situe entre 1500 B.C. et 4500 B.C. divers faciès du Néolithique en se basant sur une comparaison avec des travaux néerlandais.

M. OTTE (1973) reconnaît à Marche-les-Dames une industrie attribuée à l'Aurignacien II. Par comparaison avec des travaux étrangers et par des indications

(*) Le terme Levalloisien ne désigne plus actuellement une industrie mais seulement une méthode de débitage qui apparaît dans l'Acheuléen et se poursuit dans le Moustérien. (Communication orale de M^{me} ULRIX-CLOSSET, 1^{er} assistant au Service d'Archéologie Préhistorique de l'Université de Liège).

climatiques livrées par la détermination de la faune, il la situe dans un interstade probablement celui d'Arcy-Denekamp.

M. DEWEZ (1973) décrit une industrie de l'Ahrensbourgien dans la grotte de Remouchamps et l'accompagne d'une datation ^{14}C (8430 BC Lv 535).

Lecture du tableau : colonne Industrie

Compte tenu de l'imprécision des données fournies par la littérature belge, nous avons sollicité la collaboration de M^{me} ULRIX-CLOSSET (*), M. OTTE (**) et M. DEWEZ (***) pour établir la stratigraphie que nous présentons ici. Nous remercions très vivement ces personnes de leur aimable collaboration.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier très vivement les nombreuses personnes que nous avons sollicitées pour leur très haute compétence et qui ont bien voulu relire notre manuscrit en le valorisant par leurs corrections et remarques.

Notre gratitude va ainsi à MM. P. MACAR, R. PAEPE, A. PISSART, R. TAVERNIER, B. BASTIN, J.-M. CORDY, M^{me} ULRIX-CLOSSET, MM. DEWEZ et OTTE.

ANNEXE :

TABLEAU DE LA STRATIGRAPHIE DU QUATERNAIRE EN BELGIQUE

Ce tableau constitue une vue très simplifiée des réalités chrono-, litho, et biostratigraphiques décrites chez nous.

Pour lui conserver un minimum de clarté, nous avons dû le priver d'un grand nombre de renseignements fournis par la bibliographie. Notre responsabilité est donc engagée au niveau du choix des idées et de leur mise en ordre. Quant au fond, toutes les caractéristiques qui y sont retenues restent la propriété de leurs auteurs.

Nous avons de plus ajouté aux renseignements chrono-, litho-, et biostratigraphiques un essai de succession des paléo-climats qui ont affecté notre pays pendant le Quaternaire.

Ces renseignements sont principalement déduits des observations paléobiologiques et morphogénétiques.

Par exemple, les palynologues se basent sur l'extension des espèces thermophiles et mésophiles pour en déduire des fluctuations positives de température. Il décèlent également des périodes de plus forte humidité par l'extension des espèces hydrophyles.

De la même façon, les paléontologues suivent les migrations des espèces animales en fonction des fluctuations climatiques.

Par l'étude des types de paléosols, des structures sédimentaires et périglaciaires, on peut aussi induire les conditions d'aridité ou d'humidité, de chaleur ou de froid qui ont régné pendant leur développement.

(*) *Op. cit.*

(**) Aspirant F.N.R.S., Laboratoire de Préhistoire de l'Université de Liège.

(***) Assistant au C.I.R.A. de l'Université de Liège.

Dans l'ensemble, durant le Quaternaire, le climat de nos régions a été du type méditerranéen pendant l'optimum des périodes interglaciaires, du type tempéré avant et après cet optimum et durant certaines périodes interstadiaires. Il a été du type périglaciaire pendant les stades glaciaires.

BIBLIOGRAPHIE

- ALEXANDRE, J., 1957. — Les niveaux de terrasse de la Haute Belgique. Méthodes d'études récentes. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, t. 80, pp. 299-316.
- ANDERSEN, S. T., 1961. — Vegetation and its environment in Denmark in the early Weichselian Glacial (Last Glacial). *Dann. Geol. Unders.*, 75, (II Rakke) 175 p.
- AVERDIECK, F. R., 1967. — Die Vegetationsentwicklung des Eem Interglazials und der Frühwürm-Interstadiale von Odderade/Schleswig-Holstein. *Fundamenta*, 2, (Reihe B), pp. 101-125.
- BASTIN, B., 1969. — Premiers résultats de l'analyse pollinique des loess en Belgique. *Bull. Ass. Franç. Et. Quat.*, n° 18, pp. 3-11.
- BASTIN, B., 1971. — Recherches sur l'évolution du peuplement végétal en Belgique durant la glaciation du Würm. *Acta Geographica Lovaniensia*, Vol. 9, 136 p.
- BASTIN, B., JUVIGNÉ, E., PISSART, A. et THOREZ, J., 1972. — La vallée de la Soor (Hautes Fagnes) : compétence actuelle de la rivière, dépôts glaciaires ou périglaciaires. Compte rendu de l'excursion du 3 juillet 1971. *Les Congrès et Colloques de l'Université de Liège*. Processus périglaciaires, pp. 295-322.
- BOURGUIGNON, P., 1953. — Associations minéralogiques des limons et argiles des Hautes Fagnes. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, T. LXXVII, pp. B 39-59.
- BOURGUIGNON, P., 1955. — Minéraux volcaniques de l'Eifel dans les limons gaumais. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, T. LXXVIII, pp. B. 173-178.
- BOUT, P. et BROUSSE, R., 1969. — Livret-guide de l'excursion C13 : Auvergne-Velay, VIII^e Congrès INQUA, Paris.
- BRIART, A., CORNET, F. et HOUZEAU DE LA HAIE, 1872. — Rapport sur les découvertes géologiques et archéologiques faites à Spiennes en 1867. *Société des Sciences, des Arts et des Lettres du Hainaut*, In-8°, Mons.
- BREUIL, H. et KOSLOWSKI, 1934. — Étude de la stratigraphie paléolithique dans le Nord de la France, la Belgique et l'Angleterre. *L'Anthropologie*, T. 44, pp. 249-290.
- BROUSSE, R., DELIBRIAS, G., LABEYRIE et RUDEL, A., 1969. — Éléments de chronologie des éruptions de la chaîne des Puy. *Bull. de la Soc. Géol. de France*, 7^e série, t. XI, pp. 770-793.
- BLYTT, A. G., 1876. — Essays on the immigration of the Norwegian flora during alternating rainy and dry periods. A. Cammermeyer, Christiana (Oslo).
- Carte géologique de Belgique à l'échelle 1/40.000 (Légende) 1909. Imprimerie Vaillant Carmanne, Liège.
- CHAPELIER, A., 1948. — L'origine du cours de la Vesdre. *Bull. Soc. Belg. Et. Géogr.* 1948, t. XVII, pp. 144-153.
- COGELS, P. et VAN ERTBORN, O., 1880. — Texte explicatif du levé géologique des planchettes d'Hoboken et de Kontich.
- COMMONT, V., 1912. — Note sur le Quaternaire du Nord de la France, de la vallée du Rhin et de la Belgique. *Ann. Soc. Géol. du Nord*, T. XLI, pp. 12-52, Lille.
- CONGRÈS GÉOLOGIQUE INTERNATIONAL, 1971. — Preliminary report on Chronostratigraphic Units, International Subcommittee on Stratigraphic Classification. Hollis D. HEDBERG, Editor, Montréal, Canada.
- CONSEIL GÉOLOGIQUE, 1929. — Légende générale de carte géologique détaillée de la Belgique. *Ann. des Mines de Belgique*, T. XXX, 1^{er} liv.

- COUTEAU, M., 1969. — Recherches palynologiques en Gaume, au Pays d'Arlon, en Ardenne Méridionale. Luxembourg belge et au Gutland (Grand-Duché de Luxembourg). *Acta Geographica Lovaniensia*, Vol. 8, 193 p.
- COX, A. et DALRYMPLE, G., 1967. — Geomagnetic polarity epochs : Nunivak Island Alaska. *Earth and planetary Sc. Letters*, 3, pp. 173-177.
- de HEINZELIN, J., 1949. — Présentation des gisements paléolithiques de la Belgique dans le cadre des régions naturelles. *Inst. Roy. Sc. Nat. Belg.*, Bull. t. XXV, n° 17, 18 p.
- de HEINZELIN, J., 1950. — Stratigraphie du gisement paléolithique d'Otrange sur la base des résultats de la campagne des fouilles de 1948. *Inst. Roy. des Sc. Nat. Belg.*, Bull. t. XXVI, n° 17, 32 p.
- de HEINZELIN, J., 1959. — Stratigraphie de la carrière Hélin sur la base des résultats des fouilles de 1958. *Bull. Inst. Roy. Sc. Nat. de Belg.*, t. 35, n° 14, 27 p. et 2 pl.
- de HEINZELIN, J., 1971. — Le gisement périgordien de Maisières-Canal. *Bull. Soc. Roy. Belge d'Anthr. et de Préhist.*, 82, pp. 63-76.
- DE LAET, J., 1966/67. — Quelques problèmes du néolithique belge. *Paléohistoria*, T. XII, pp. 335-361.
- DELVAUX, E., 1885. — Excursion de la Soc. d'Anthrop. à Mesvin, à Spiennes et à Harnegnies, le 5 septembre 1885. *Bull. Soc. Anthropol. de Bruxelles*.
- DELVAUX, E., 1891. — Époque quaternaire. Sur un terme nouveau du Quaternaire inférieur observé en Belgique. *Ann. Soc. Géol. de Belg.*, t. XVIII, in-8°, Liège.
- DEMEK, J. et KUKLA, J., 1969. — Periglacialzone, Loess und Paläolithikum der Tschoslowakei. *VIII^e Internationalen Congress der Inqua*, Frankreich.
- DE PLOEY, J., 1961. — Morphologie en Kwartair-Stratigrafie van de Antwerpse Noorderkempen. *Acta Geographica Lovaniensia*. Vol. 1, 130 p.
- DE PUYDT, M., HAMAL-NANDRIN, J. et SERVAIS, J., 1913. — Liège paléolithique. Le gisement de Sainte Walburge dans le limon hesbayen. *Bull. de l'Inst. d'Archéol. liégeois*.
- DESNOYER, J., 1829. — Observations sur un ensemble de dépôts marins plus récents que les terrains tertiaires du bassin de la Seine et constituant une formation géologique distincte, précédées d'un aperçu de la non-simultanéité des bassins tertiaires. *Ann. Sc. Nat.*, Paris, Vol. 16, pp. 171-214 et pp. 402-491.
- DEWEZ, M. et al., 1973. — Nouvelles recherches sur la grotte de Remouchamps. *Bull. Soc. Anthr. et Préhist.*, T. 84.
- DOLLFUS, G., 1884. — Le terrain quaternaire d'Ostende et le Corbicula fluminalis. *Ann. Soc. Mal. Belg.*, t. XIX, 1884, Mém. pp. 28-54.
- DRICOT, E. M., 1960. — Recherches palynologiques sur le plateau des Hautes-Fagnes. *Bull. Soc. Roy. Bot. Belg.*, 92, pp. 156-196.
- DRICOT, E. M., 1961. — Microstratigraphie des argiles de Campine. *Bull. Soc. Belg. de Géol.*, T. 92, fasc. 2.
- DRUIFT, J., 1927. — Over het ontstaan van de Limburgse loess in verband met haar mineralogische samenstelling. *Dissertatie*, Utrecht.
- DUMONT, A., 1839. — Carte géologique de Belgique en 9 feuilles au 1/160.000^e, Ph. Van der Maelen, Bruxelles.
- DUPONT, E., 1867. — Étude sur 5 cavernes explorées dans la vallée de la Lesse et le ravin de Falmignoul pendant l'été de 1866. *Bull. de l'Acad. de Belgique*, T. XXIII, p. 244.
- EDELMAN, M., 1933. — Petrologische Provincies in het Nederlands Kwartair. N° 43, *Geolog. Inst. Universiteit Amsterdam*.
- EK, C., 1957. — Les terrasses de l'Ourthe et de l'Amblève inférieures. *Ann. Soc. Géol. de Belg.*, T. LXXX, pp. B 333-378.
- ERDTMAN, G., 1928. — Études sur l'histoire postarctique des forêts de l'Europe Nord-Ouest. III. Recherches dans la Belgique et au Nord de la France. *Geol. Foreningens*, t. L, pp. 419-428.

- EVERNDEN, J. F., CURTIS, G. H. and KISTLER, R., 1957. — Potassium-Argon dating of Pleistocene Volcanics. *Quaternaria*, IV, 1-5.
- FLORSCHÜTZ, F., 1937. — Paleobotanisch onderzoek in verband met een vermoede menselijke nederzetting op het plateau van het Belgisch hoogveen. *Kon. Akad. Wetensch. Amsterdam. Proc., Sect. Sc.*, Vol. XL, p. 181, Amsterdam.
- FLORSCHÜTZ, F. en VAN OYE, E. L., 1938. — Over de Ouderdomsbepaling van de vijvers op het pleareu van het Belgisch hoogveen. *Tijdschr. Kon. Nederl. Aardrijksk. Gen.*, Deel LV, Leiden, pp. 454-461.
- FLORSCHÜTZ, F. et VAN OYE, E., 1939. — Recherches analytiques de pollen dans la région des Hautes-Fagnes belges. *Biologisch Jaarboek*, pp. 227-233.
- FRAIPONT, C., 1928. — Glaciations et industries quaternaires. *Ann. Soc. Géol. de Belg.*, T. LI, Bull., pp. 1-9.
- FRAIPONT, J. et LOHEST, M., 1886. — Recherches ethnographiques sur les ossements découverts dans les dépôts quaternaires d'une grotte à Spy et détermination de leur âge géologique, *Archives de Biologie* publiés par MM. Ed. van Beneden et Ch. van Bambeke, t. VII.
- FRECHEN, J., 1971. — Sammlung Geologischer Fürher. 2 Auflage, Gebr. Borntraeger, Berlin-Stuttgart, 195 p.
- GEKIE, J., 1874. — The Great Ice Age and its relation to the Antiquity of Man. W. Isbister and Co, London, 575 p.
- GILLOT, E. et al., 1969. — Datations ^{14}C et palynologie, en Belgique et dans les régions voisines. *Bull. Soc. belge Géol.* T. 78, fasc. 1, pp. 21-29.
- GULLENTOPS, F., 1952. — Découverte en Ardenne de minéraux d'origine volcanique de l'Eifel. *Acad. Roy. de Belg., Bull. de la Classe des Sciences*, 5^e série, T. XXXVIII.
- GULLENTOPS, F., 1954. — Contributions à la chronologie du Pléistocène et des formes du relief en Belgique. *Mém. de l'Inst. Géol. de l'Univ. de Louvain*. XVIII, pp. 125-252.
- HALET, F., 1931. — Contribution à l'étude du Quaternaire de la plaine maritime belge. *Bull. Soc. belge de Géol.*, XLI, 1931, pp. 141-166.
- HALLEZ, 1919. — Les limites et les divisions du Quaternaire. *Bull. Soc. belge de Géol.*, T. XXIX, pp. 196-201.
- HULSHOF, A. K., JUNGERIUS, P. D. and RIEZEBOS, P. A., 1968. — A late glacial volcanic deposit in Southeastern Belgium. *Geol. en Mijnbouw*, Vol. 47 (2), pp. 106-111.
- JUNGERIUS, P. D. and MÜCHER, H. J., 1970. — Holocene slope development in the Lias cuesta area, Luxembourg, as shown by the distribution of volcanic minerals. *Zeitschrift für Geomorphologie*, Neue Folge Band 14, Heft 2, Seite 127-136.
- JUNGERIUS, P. D. and MÜCHER, H. J., 1970. — The influence of Holocene surface wash and Pleistocene mass-wasting on the development of convex-concave slopes in Luxembourg. *Fysisch Geographisch en Bodemkundig Laboratorium From field to laboratory*. Publicatie 16.
- JUVIGNÉ, E. et MULLENDERS, W., 1972. — Compte rendu de l'excursion en Famenne et à Treignes. *Les Congrès et Colloques de l'Université de Liège*. Processus périglaciaires, pp. 323-334.
- KURTÉN, B., 1968. — Pleistocene Mammals of Europe. *The World Naturalist*, Weidenfeld and Nicolson, London, 317 p.
- LADRIERE, J., 1890. — Étude stratigraphique du terrain quaternaire au nord de la France. *Ann. Soc. Géol. Nord.*, T. XVIII, pp. 93-149 et 205-276.
- LENFRANCO, H. G. et MOISIN, P. H., 1965. — Le Néolithique ancien en Belgique : datation au C^{14} (Lv-65 et -216) de la minière de Mesvin « Sans Pareil », Hainaut. *Mém. et Publicat. de la Soc. des Sc. des Arts et des Lettres du Hainaut*. T. 79, pp. 405-429.
- LEROI-GOURHAN, A., 1964. — Chronologie des grottes d'Arcy-sur-Cure (Yonne). I. Climats du Quaternaire récent. *Gallia-Préhistoire*, Tome 7, pp. 1-35.
- LEROI-GOURHAN, A., 1967. — Analyse pollinique des niveaux paléolithiques de l'Abri Fritsch. *Rev. Paléobot. and Palyn.* 4, pp. 81-86.

- LOHEST, M. et FRAIPONT, C., 1912. — Découverte de silex taillés dans le limon hesbayen de Liège et de l'importance de cette découverte au point de vue de l'origine des limons et des classifications qu'on y a établies. *Ann. Soc. Géol. de Belgique*, t. XXXIX, Bull. pp. 125-130.
- MACAR, P., 1938. — Compte rendu de l'excursion du 24 avril 1938, consacrée à l'étude des terrains de la Meuse entre Liège et l'Ubagsberg (Limbourg hollandais). *Ann. Soc. Géol. Belgique*, T. LXI, pp. 187-217. 1 pl. 2 fig.
- MACAR, P., 1947. — Les niveaux des terrasses quaternaires du bassin de la Meuse. *La Géologie des terrains récents dans l'Ouest de l'Europe*. pp. 397-412.
- MILANKOVITCH, M., 1930. — Matematische Klimalehre. *Handbuch der Klimatologie*, Bd. 1.
- MULLENDERS, W., DUVIGNEAUD, J. et COREMANS, M., 1963. — Une tourbière en pays calcaire. Présence à Treignes de dépôts importants de tufs calcaires et de tourbe. *Bull. Ass. Nat. des Prof. de Biologie de Belgique*. Vol. 9, pp. 198-209.
- MULLENDERS, W. et CORREMANS, M., 1964. — Recherches palynologiques à la tourbière « de Moeren » à Postel (Campine belge). *Acta Geographica Lovan.* Vol. 3, 1964, pp. 305-336.
- MULLENDERS, W., GULLENTOPS, F., LORET, J., COREMANS, M. et GILOT, E., 1966. — Le remblaiement de la vallée de la Nethen. *Acta Geographica Lovan.*, Vol. 4, pp. 169-181.
- MUNAUT, A., 1967. — Recherches paléo-écologiques en Basse et Moyenne Belgique. *Acta Geographica Lovan.*, Vol. 6, 191 p.
- OTTE, M., 1973. — L'industrie osseuse paléolithique de la grotte de la princesse à Marchelles-Dames. *Bull. Soc. Roy. Belge d'Anthrop. et de Préhist.*, T. 84.
- PAEPE, R., 1964. — Les dépôts quaternaires de la plaine de la Lys. *Bull. Soc. Belge de Géol.*, 73 (3), 1-39.
- PAEPE, R., 1965. — On the presence of Tapes Senescens in some borings of the coastal plain and the Flemish Valley. *Bull. Soc. Belge de Géol.*, t. LXXIV, fasc. 2, pp. 249-253.
- PAEPE, R. et VANHOORNE, R., 1967. — The stratigraphy and paleobotany of the late Pleistocene in Belgium. *Mém. Cartes Géol. Min. Belg.*, n° 8, 96 p.
- PAEPE, R., 1968. — Le Pléistocène de la vallée de la Meuse à Profondville. *Prof. Paper, Serv. Géol. de Belg.*, 1, 6 p.
- PAEPE, R., 1969. — Quelques aspects des dépôts quaternaires en Famenne. *Bull. Soc. Belge de Géol.*, T. 78, fasc. 1, pp. 69-76.
- PAEPE, R. et MORTELMANS, G., 1969. — Sur la présence de sols fossiles pré-Eemiens entre Hal et Tournai. *Bull. Soc. belge de Géol.*, T. 78, fasc. 1, pp. 57-68.
- PAEPE, R., 1969. — Les unités litho-stratigraphiques du Pléistocène supérieur de la Belgique. La stratigraphie des loess d'Europe. *Suppl. Bull. A.F.E.Q.*, 8^e Congrès INQUA, Paris, 45-51.
- PAEPE, R. et VANHOORNE, R., 1970. — Stratigraphical position of Periglacial phenomena in the Campine of Belgium, based on paleobotanical analysis and paleomagnetic dating. *Bull. Soc. Belge de Géol.*, T. 79, fasc. 3-4, pp. 201-211.
- PAEPE, R., VANHOORNE, R. et DERAYMAEKER, D., 1972. — Eemian sediment near Bruges (Belgian coastal plain). Service Géologique de Belgique, *Professional Paper*, n° 9.
- PAULISSEN, E., 1971. — Morfologie en Kwartair-stratigraphie van de Maasvallei in Belgisch Limburg. Kath. Univ. Leuven. *Proefschrift*, 387 p.
- PENCK, A. und BRUECKNER, E., 1909. — Die Alpen im Eiszeitalter. Leipzig : H. Tauchnitz, Band I, pp. 1-394; Band II, pp. 395-716; Band III, pp. 717-1012.
- PERSCH, Fr. (mit Beiträgen von F. OVERBECK), 1950. — Zur postglazialen Wald- und Moorentwicklung im Hohen Venn. *Decheniana*, Bd. 104, pp. 81-93, Bonn.
- PISSART, A., 1961. — Les terrasses de la Meuse et de la Semois. La capture de la Meuse de Dinant. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, T. 84, pp. M 1-108.

- PISSART, A., JUVIGNE, E., WOILLARD, G. et THOREZ, J., 1972. — Les cicatrices de pingos de la Brackvenn (Hautes-Fagnes). Compte rendu de l'excursion du 3 juillet 1971. *Les Congrès et Colloques de l'Université de Liège. Processus périglaciaires*, pp. 281-294.
- QUITZOW, H. W. et ZONNEVELD, J. I. S., 1956. — Vorläufiges Ergebnis der Terrassenuntersuchungen im Maas und Niederrheingebiet. *Geol. en Mijnbouw*, N.S. **18**, p. 428.
- REID, Cl. et REID, F., 1907. — Les éléments botaniques de la documentation de l'âge des argiles à briques de Tegelen, Reuver, Rijkevorsel et Raevens. *Bull. Soc. belge de Géol.*, t. XXI, Mém. pp. 583-590.
- RUTOT, A., 1897. — Sur la nouvelle échelle stratigraphique des terrains quaternaires en Belgique. *Bull. Soc. belge de Géol.*, t. XI, p. 72.
- RUTOT, A., 1899. — Comparaison du Quaternaire de Belgique au Glaciaire de l'Europe Centrale. *Bull. Soc. belge de Géol.*, t. XIII, Mém. pp. 307-321.
- RUTOT, A., 1900. — Le Quaternaire au confluent de la Sambre et de la Meuse. *Bull. Soc. belge de Géol.*, T. XIV, Procès-verbal, Séance du 19-VI-1900.
- RUTOT, A., 1900. — Note sur la découverte d'importants gisements de silex taillés dans les collines de la Flandre occidentale. Comparaison de ces silex avec ceux du chalk. Plateau du Kent. Bruxelles. Hayez.
- RUTOT, A., 1909. — Note préliminaire sur la coupe des terrains quaternaires à Hofstade. *Bull. Soc. Belge de Géol.*, t. XXII, P.V., p. 242.
- RUTOT, A., 1910. — Les découvertes de M. le Professeur COMMONT dans le Quaternaire des environs d'Amiens. *Bull. Soc. Belge de Géol.*, t. XXIV, p. 13.
- RUTOT, A., 1910. — Glaciations et Humanité. *Bull. Soc. Belge de Géol.*, t. XXIV, pp. 59-91.
- RUTOT, A., 1919. — Le Quaternaire de la Belgique et la classification de V. COMMONT pour les couches quaternaires du Nord de la France. *Bull. Soc. Belge de Géol.* T. XXIX, pp. 151-206.
- RUTOT, A., 1919. — Le Quaternaire de la vallée de la Somme et du Nord de la France d'après les travaux de V. COMMONT. *Bull. Soc. Belge de Géol.*, t. XXIX, pp. 31-43.
- RUTOT, A., 1920. — Esquisse d'une monographie des couches quaternaires visibles dans l'exploitation de la Société des Carrières du Hainaut à Soignies. *Mém. Acad. Roy. de Belg. Cl. des Sc. in-8°*. 2^e série, t. IV, fasc. 6, p. 44.
- RUTOT, A. et VANDEN BROECK, E., 1885. — Note sur la nouvelle classification du terrain quaternaire de la Basse et Moyenne Belgique. *Bull. Soc. Roy. Malac. de Belg.*, t. XX, Bruxelles.
- SCHMERLING, 1834. — Recherches sur les ossements fossiles découverts dans les cavernes de la Province de Liège. 2 V., in-4^o, et atlas in-f^o, Liège.
- SCHWICKERATH, M., 1937. — Die nacheiszeitliche Waldgeschichte des Hohen Venns und ihre Beziehung zur heutigen vennvegetation. *Abh. preuss. geol. Landesamt, N.F.*, H.184, Berlin, pp. 1-83 (Taf. 1 + Abb. 1-8).
- SERET, G., 1957. — Les terrasses et les formes associées dans le bassin de la Lesse inférieure. *Ann. Soc. Géol. de Belg.*, T. LXXX, pp. 355-378.
- SERNANDER, R., 1910. — Die Swedischen Torfmoor als Zeugen post glazialer Klimaschwankungen. *Intern. Geol. Congress.* 11th, Stockholm, pp. 203-211.
- SOERGEL, W., 1937. — Die Vereisungskurve. Berlin.
- STEEGER, A., 1931. — Die Terrassen und Endmoränen-Landschaft zwischen Krefeld, Moers und Geldern. *Natur am Niederrhein*, **7**, S 6-22. Krefeld.
- STOCKMANS, F., 1946. — Le gisement de tourbe de Berlare en Flandre orientale. Origine de l'étang d'Overmeere. *Bull. du Musée Roy. d'Hist. Nat. de Belgique*. T. XXII, n^o 5, pp. 1-24, Bruxelles.
- TAVERNIER, R., 1943. — De Kwartaire afzettingen in België. *Nat. Wet. Tijdschr.*, t. XXV, pp. 121-137, Gent.
- TAVERNIER, R., 1946. — L'évolution du Bas-Escaut au Pléistocène supérieur. *Bull. Soc. belge de Géol.*, t. LV, pp. 106-125.

- TAVERNIER, R., 1948. — Les formations quaternaires de la Belgique en rapport avec l'évolution morphologique du pays. *Bull. Soc. Belge de Géol.*, LVII, 7, pp. 609-641.
- TAVERNIER, R. et LARUELLE, J., 1953. — Bijdrage tot de petrologie van de recente afzettingen van het Ardeense Maasbekken. *Nat. Wet. Tijdschrift*, 34, pp. 81-89.
- TAVERNIER, R., 1954. — Prodôme d'une description géologique de la Belgique. Le Quaternaire, pp. 555-589.
- TAVERNIER, R. et de HEINZELIN, J., 1957. — Chronologie du Pléistocène supérieur, plus particulièrement en Belgique. *Geologie en Mijnbouw*, 19 (7), pp. 306-309.
- VAN DER HAMMEN, T., 1951. — Vegetatie en stratigraphie van het Laat-Glacial en het Pleni-Glacial. *Geol. en Mijnbouw*. 13^e Jaargang, Nw-Serie, n° 9, pp. 308-310, 1 tableau.
- VAN ERTBORN, O., 1903. — Les dépôts quaternaires de la Belgique et leur faune. *Ann. Soc. Roy. Malac. de Belg.*, t. XXXVIII, p.LX.
- VAN ERTBORN, O., 1905. — Les sondages houillers en Campine. Étude critique et rectificative au sujet des interprétations données jusqu'ici aux coupes des morts-terrains tertiaires et quaternaires. *Bull. Soc. Belge de Géol.* T. XIX, Mém. pp. 147-148.
- VAN ERTBORN, O., 1907. — Révision de l'échelle du Pléistocène de la Belgique. Tableau comparé de l'échelle française et générale du groupe tertiaire avec la légende officielle de Belgique et la légende libre de l'auteur. *Bull. Soc. belge de Géol.*, T. XXI, Mém., pp. 169-204.
- VAN EYSINGA, F. W. B., 1972. — Geological Time Table. *Elsevier Publishing Company*, Amsterdam.
- VANHOORNE, R., 1945. — Étude pollinique d'une tourbière à Heusden-lez-Gand. (Belgique). *Bull. du Musée Royal d'Histoire Nat. de Belg.* T. XXI, n° 18, pp. 1-11, Bruxelles.
- VANHOORNE, R., 1951. — Évolution d'une tourbière de la plaine alluviale au Kruis-schans (Anvers, Belgique). *Inst. Roy. des Sc. Nat. Belg. Bull.*, T. XXVII, n° 20, pp. 1-20.
- VANHOORNE, R., 1956. — Étude palynologique de la Fagne aux Mochettes à Samrée (Belgique). *Inst. Roy. des Sc. Nat. de Belg.*, Bull. T. XXXII, n° 30, pp. 1-7, Bruxelles.
- VAN NOTEN, F. L., 1967. — Le Tjongerien en Belgique. *Bull. Soc. Roy. d'Anthr. et de Préhist.* T. 78, pp. 197-236.
- VERHEYLENWEGHEN, J., 1956. — Le paléolithique final de culture périgordienne du gisement préhistorique de Lommel. *Bull. Soc. Roy. Belge d'Anthrop. et de Préhist.*, t. LXVII, pp. 179-257.
- ZAGWIJN, W. H., 1960. — Aspects of the Pleistocene and Early Pleistocene Vegetation in the Netherlands. *Meded. Géol. Strichting*, série C, III, n° 5, pp. 1-78.
- ZAGWIJN, W. H., 1961. — Vegetation, Climate and Radiocarbon datings in the late Pleistocene of the Netherlands. Part. I : Eemian and Early Weichselian. *Mém. Géol. Found. Nether.*, 14, pp. 15-45.
- ZAGWIJN, W. H. et PAEPE, R., 1968. — Die stratigraphie der weichselzeitlichen Ablagerungen der Niederlande und Belgiens. *Eiszeltalter und Gegenwart*, 19, pp. 129-146.
- ZOLLER, H. 1960. — Pollen analytische Untersuchungen zur Vegetations geschichte der insubrischen Schweiz. *Mém. Soc. Helv. Sc. Nat.*, 83, Mém. 2, pp. 45-157.
- ZONNEVELD, J. I. S., 1957. — River Terraces and Quaternary Chronology in the Netherlands. *Géol. en Mijnbouw*, N.S., 19, pp. 227-285.

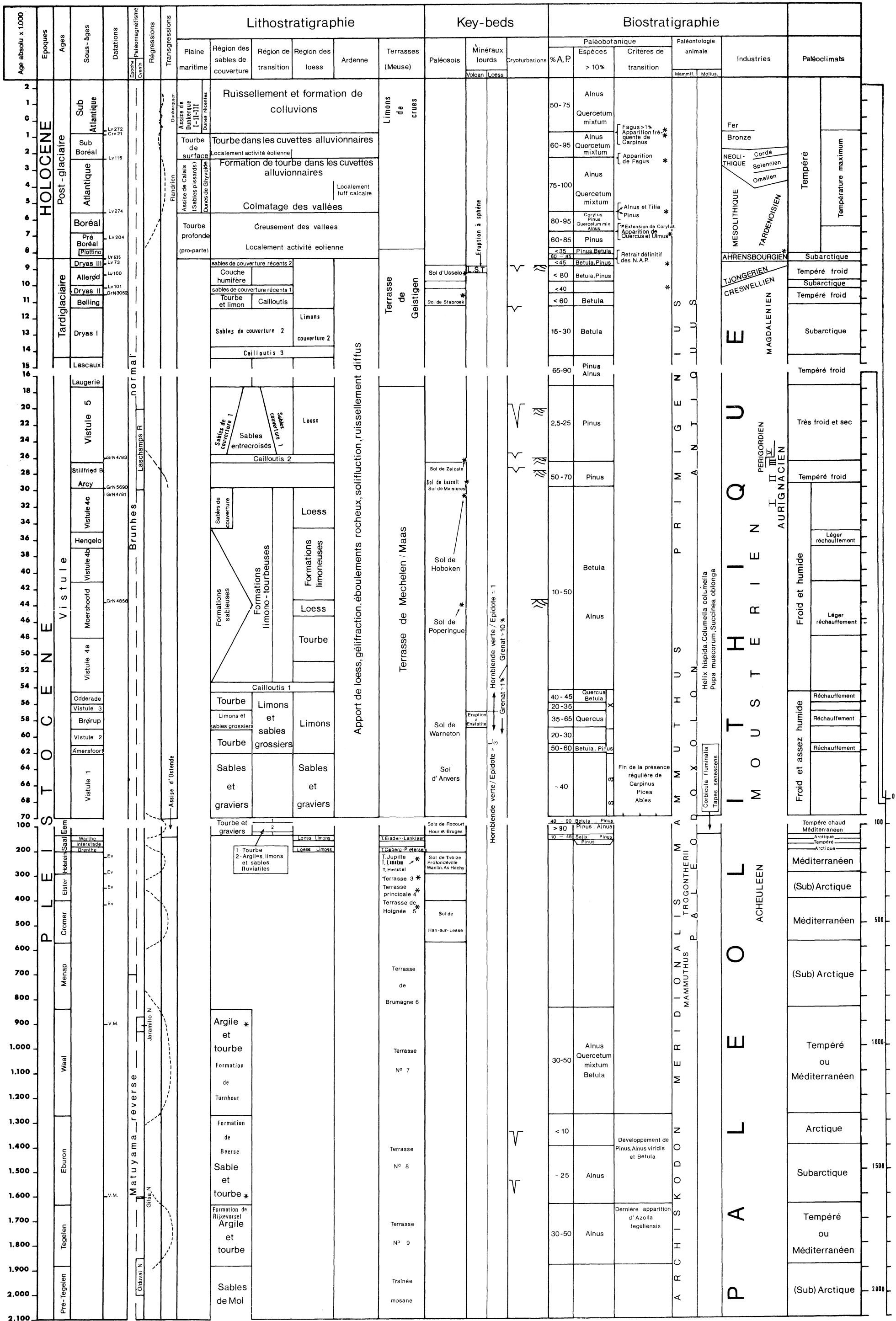


Tableau réalisé par l'auteur à partir des travaux cités dans le texte, parmi lesquels notamment ceux de B. Bastin, F. Gullentops, R. Peape et R. Tavernier.