



Quaternaire

Revue de l'Association française pour l'étude du Quaternaire

vol. 18/1 | 2007

Q5 Le Quaternaire, Limites et spécificités - Première partie

Biozonation continentale du Plio-Pléistocène d'Europe et d'Asie occidentale par les mammifères : état de la question et incidence sur les limites Tertiaire/Quaternaire et Plio/Pléistocène

Continental mammalian biozonation of the European and western Asian Plio-Pleistocene: state of the art and repercussion on the Tertiary-Quaternary and Plio-Pleistocene boundaries

Claude Guérin



Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/quaternaire/950>

DOI : 10.4000/quaternaire.950

ISSN : 1965-0795

Éditeur

Association française pour l'étude du quaternaire

Édition imprimée

Date de publication : 1 mars 2007

Pagination : 23-33

ISSN : 1142-2904

Référence électronique

Claude Guérin, « Biozonation continentale du Plio-Pléistocène d'Europe et d'Asie occidentale par les mammifères : état de la question et incidence sur les limites Tertiaire/Quaternaire et Plio/Pléistocène », *Quaternaire* [En ligne], vol. 18/1 | 2007, mis en ligne le 01 mars 2010, consulté le 21 avril 2019. URL : <http://journals.openedition.org/quaternaire/950> ; DOI : 10.4000/quaternaire.950

BIOZONATION CONTINENTALE DU PLIO-PLÉISTOCÈNE D'EUROPE ET D'ASIE OCCIDENTALE PAR LES MAMMIFÈRES : ÉTAT DE LA QUESTION ET INCIDENCE SUR LES LIMITES TERTIAIRE/QUATERNAIRE ET PLIO/PLÉISTOCÈNE



Claude GUÉRIN

RÉSUMÉ

Les principes de la biozonation par les mammifères ont été établis pour le Néogène méditerranéen par P. Mein en 1975, et utilisés pour constituer une biozonation du Plio-Pléistocène d'Europe par C. Guérin en 1980. Chaque biozone est une standardzone telle que conçue par J.H. Callomon, dont les limites sont isochrones. Elle obéit à deux principes, celui de contiguïté (en vertu duquel sa limite supérieure est en général définie par la limite inférieure de la zone qui lui succède) et celui de hiérarchie. Chaque standardzone à mammifères est à la fois une zone d'extension, de lignage et d'association car elle procède d'une triple définition : présence de formes caractéristiques de lignées évolutives, présence d'associations caractéristiques de genres et d'espèces, apparition de taxons nouveaux. C'est un système évolutif en fonction des progrès des connaissances paléontologiques, comme par exemple ceux qu'ont connus les Proboscidiens et les Bovidae plio-pléistocènes d'Europe au cours de la dernière décennie. Ce système est un bon moyen pour dater efficacement un gisement lorsque aucune méthode de radiochronologie ne lui est applicable. Il intègre parfaitement les nouvelles datations radiométriques. Il peut aussi pallier les faiblesses de certaines techniques, comme celles récemment révélées pour certains des stades isotopiques de l'oxygène. Appliqué à une redéfinition des limites Tertiaire/Quaternaire et plio-pléistocène, qui doivent être identiques selon le principe de hiérarchie, ce système milite en faveur d'une limite placée, pour l'Europe, entre les zones MNQ 15 et 16, c'est à dire un peu au-delà de 2,6 Ma. Cette limite paraît corrélable avec celle, contemporaine, observée dans d'autres continents (Afrique, Amérique du Sud).

Mots-clés : Biostratigraphie continentale, Mammifères, Mise à jour, Limites Tertiaire/Quaternaire et Pliocène/Pléistocène.

ABSTRACT

CONTINENTAL MAMMALIAN BIOZONATION OF THE EUROPEAN AND WESTERN ASIAN PLIO-PLEISTOCENE: STATE OF THE ART AND REPERCUSSION ON THE TERTIARY-QUATERNARY AND PLIO-PLEISTOCENE BOUNDARIES

Principles of a mammalian biozonation for the Mediterranean Neogene of Europe were laid down by P. Mein in 1975. They were used since 1980 by C. Guérin to constitute a biozonation for the European Plio-Pleistocene. Each mammalian biozone is a standardzone as conceived by J.H. Callomon, with isochronous boundaries. Such a standardzone complies with two principles, the one of contiguity (implying that the upper limit of a zone is generally defined by the lower limit of the following one) and the other of hierarchy (boundaries between stratigraphical units of one rank coincide with boundaries between units of the next lower rank). Each mammalian standardzone has a triple definition : presence of characteristic stages of evolutionary lineages (subspecies and species), presence of typical mammalian associations (genera and species), appearance of new taxa (genera and species). The MNQ system closely follows the advancement of the palaeontological knowledge : two examples of advances established during the last ten years for the Plio-Pleistocene of Europe are given, the one of the Proboscideans and the other of the Bovids. Such a system is a good tool for dating a site accurately when no radiochronological technology is usable. It easily and completely integrates the new radiometric results. It can alleviate the weaknesses recently appeared in some of the OIS data. If applied to a new definition of the Tertiary/Quaternary and Plio-Pleistocene boundaries, which, owing to the hierarchy principle, must be the same, the MNQ system militates in favour of a date of about 2.6 Ma, corresponding to the boundary between the MNQ 15 and 16 standardzones. A similar limit appears in other palaeobiogeographical realms, for instance in Africa and South America, with a very important faunal change at the same time.

Key-words : Continental biostratigraphy, Mammals, Updating, Tertiary/Quaternary and Plio-Pleistocene boundaries.

1 - INTRODUCTION

Les principes de la biozonation par les mammifères ont été établis pour le Néogène méditerranéen par P. Mein en 1975, avec un résultat remis à jour à plusieurs reprises (Mein, 1989 ; de Bruijn *et al.*, 1992 ; Mein,

2000). Les problèmes à peu près insolubles que rencontraient avec la « chronologie glaciaire » les paléontologues travaillant sur le Pléistocène (Rat, 1980) m'ont conduit (Guérin, 1980, 1982) à proposer une biozonation du Plio-Pléistocène d'Europe fondée sur les principes énoncés par P. Mein. Cette

biozotation a fait l'objet, elle aussi, de mises à jour successives (Guérin, 1987, 1989, 1998, 2002 ; Guérin & Patou-Mathis, 1996). Elle met en évidence pendant le Plio-Pléistocène plusieurs discontinuités dans la succession des associations fauniques européennes ; ces discontinuités sont d'importance variable ; celle qui correspond à la limite actuellement retenue pour marquer la transition Pliocène/Quaternaire (entre Villafranchien moyen et Villafranchien supérieur, vers 1,8 Ma), apparaît très mineure ; en revanche, il en existe une majeure entre Rusciniens supérieur et Villafranchien inférieur, vers 2,6 Ma ou un peu au-delà. Il est intéressant d'observer ces discontinuités en détail et de voir comment elles pourraient être utilisées pour redéfinir les limites Tertiaire/Quaternaire et Plio-Pléistocène.

2 - LES PRINCIPES DE LA BIOZOTATION ET LE « SYSTÈME » MNQ

Pour les ères paléozoïque, mésozoïque et tertiaire, la stratigraphie se fonde sur la zone, qui est le degré élémentaire de l'échelle stratigraphique internationale. Conçue par A. Oppel au XIX^e siècle lors de ses travaux sur les Ammonites jurassiques, la zone est à l'origine une épaisseur de terrains dans laquelle se trouve une « espèce guide » ou « espèce index », dont le nom sert à désigner la zone.

Ainsi définie, la « zone oppélienne » est donc une biozone fondée sur la présence d'une espèce dans une couche de terrain fossilifère d'origine marine. A la suite de très nombreux travaux de stratigraphie effectués sur des terrains sédimentaires de tous âges et sur tous les continents, la notion de biozone a beaucoup évolué et s'est enrichie (Hedberg, 1979). A la zone oppélienne qui est une zone d'extension (ensemble de couches correspondant à l'extension temporelle totale d'un fossile choisi dans une séquence stratigraphique) sont venus s'ajouter deux autres types de zone importants :

- la zone de lignage correspond à l'ensemble des terrains dont les limites (verticales, donc temporelles) sont celles de l'extension d'un stade évolutif à l'intérieur d'une espèce.
- la zone d'association représente des couches de terrain dont les limites sont définies par la présence d'une association faunique caractéristique (l'extension totale d'une des espèces de l'association peut dépasser les limites de l'association).

Toutes ces zones sont des biozones, qui représentent une tranche de terrain et non pas une tranche de temps ; elles sont constituées par les couches dans lesquelles on retrouve, selon le type de zone, l'espèce-index, le stade évolutif caractéristique ou l'association repère.

La tranche de temps correspondant à la biozone est une chronozone ; la chronozone renferme toutes les couches de même âge que la biozone considérée, sans qu'il soit tenu compte de la présence ou de l'absence de l'élément qui définit cette dernière. La chronozone est

donc une unité théorique, virtuelle, dont les limites sont isochrones, alors que les limites de la biozone ne le sont pas nécessairement.

Passer de la biozone, outil de terrain, à la chronozone qui sert au raisonnement théorique, est un des problèmes fondamentaux du stratigraphe ; ce dernier, lorsqu'il utilise une chronozone, se sert en fait le plus souvent d'une biozone soigneusement choisie (Callomon & Donovan, 1971).

Il a de ce fait fallu concevoir un nouveau type de zone, synthétique, l'unité-standard ou standardzone de J.H. Callomon, définie par la présence de fossiles (il s'agit donc d'une tranche de terrain) et dont les limites sont isochrones. La standardzone obéit à deux principes :

- le principe de contiguïté : toute l'échelle stratigraphique est composée d'une succession d'unités-standard toujours contiguës, sans qu'il y ait superposition ni lacune entre deux unités successives ; le sommet d'une unité coïncide exactement avec la base de l'unité qui lui succède ;
- le principe de hiérarchie : les unités d'un rang quelconque ont des limites coïncidant exactement avec celles de l'unité de rang immédiatement inférieur ; la limite inférieure d'un étage est la même que la limite inférieure de la première zone de cet étage.

Comme tous les types de zone, l'unité standard peut être divisée en sous-zones.

Les travaux de stratigraphie théorique concernent les sédiments d'origine marine, les seuls susceptibles d'être utilisés pour définir un étage. Les sédiments d'origine continentale contenant de nombreux gisements fossilifères, il était intéressant de voir si l'on pouvait les leur appliquer. En 1975, P. Mein a défini dans le Néogène méditerranéen une succession de standardzones à Mammifères numérotées de 1 à 18. En 1980, j'ai complété la définition de la zone 18 et reconnu une série de zones quaternaires numérotées de 19 à 26, conçues selon les mêmes principes que celles de P. Mein et prenant leur suite jusqu'à l'époque actuelle. Ces unités-standard sont régulièrement mises à jour au fur et à mesure des progrès de la paléontologie. On peut faire précéder leur numéro du sigle MNQ (pour « Mammifères néogènes et quaternaires »). Ces standardzones s'appliquent au départ à l'Europe occidentale mais ont pu être étendues sans difficulté à l'Europe centrale et orientale (Guérin *et al*, 1983), puis au Moyen-Orient (Tchernov & Guérin, 1986 ; Guérin *et al*, 1993). Il est tout à fait logique de concevoir qu'en progressant de proche en proche et en utilisant les régions où plusieurs empires biogéographiques sont en contact, ce système de zonation puisse être à moyen terme étendu à d'autres continents.

Chaque standardzone à mammifères procède d'une triple définition :

- présence de formes caractéristiques de lignées évolutives (stades, sous-espèces, plus rarement espèces) ;
- présence d'associations caractéristiques de genres et d'espèces ;

- apparition de taxons nouveaux (genres et espèces).

Elle est donc à la fois une zone d'extension, de lignage et d'association.

En vertu du principe de contiguïté, sa limite supérieure est en général définie par la limite inférieure de la zone qui lui succède. Ceci permet de pallier l'asymétrie des phénomènes d'apparition et de disparition des espèces, car une apparition est le plus souvent quasi instantanée à l'échelle d'un continent alors qu'une disparition est en général lente et diachronique ; c'est pourquoi on peut définir une limite à partir d'une apparition, mais jamais la fonder sur l'absence d'un ou plusieurs taxons, et encore moins sur leur disparition présumée.

3 - L'ÉVOLUTION DU SYSTÈME

C'est un système évolutif en fonction du progrès des connaissances paléontologiques, comme par exemple ceux qu'ont connu les Proboscidiens et les Bovidae plio-pléistocènes d'Europe au cours de la dernière décennie.

Le genre *Anancus* Aymard concerne des mastodontes bunodontes connus en Europe depuis le Miocène supérieur. Il existe en Afrique depuis le Miocène jusqu'à la fin du Pliocène, et se trouve aussi aux Indes et jusqu'en Chine. F. Metz-Muller (2000), qui a révisé le genre, y retient 4 espèces primitives et 5 espèces évoluées.

A. arvernensis, attesté dès le Miocène terminal (zones 12 et 13) en Espagne et en Bulgarie, est présent dans de nombreux gisements du Ruscinién et du Villafranchien inférieur et moyen d'Europe. La sous-espèce *A. arvernensis falconeri* Osborn correspond à la fin du phylum, elle caractérise la zone MNQ 17 et se trouve encore à l'extrême début du Villafranchien supérieur (base de la zone MNQ 18) si les datations autour de 1,9 - 1,8 Ma proposées pour Le Coupet et Chilhac se révèlent exactes (pour les discussions à propos de ces âges, voir notamment Bœuf, 1997). Remplaçant *A. arvernensis arvernensis* connu pendant tout le Ruscinién et le Villafranchien inférieur, elle apparaît au début du Villafranchien moyen et est attestée en France dans au moins sept gisements, ainsi qu'aux Pays-Bas, en Italie, en Grèce et en Grande-Bretagne (Metz-Muller, 2000 ; Guérin, 2004).

Mammuthus Brookes était présumé jusqu'à une époque très récente apparaître en Europe occidentale vers la fin du Villafranchien inférieur (Montopoli en Italie, zone MNQ 16 b) avec l'espèce *M. meridionalis* ; on pensait que celle-ci évoluait au Pléistocène moyen en *Mammuthus trogontherii*, laquelle se transformait au Pléistocène supérieur en *Mammuthus primigenius*, dernier de la lignée. On avait ainsi une anagenèse simple avec trois espèces successives, quatre même pour certains qui rapportaient les plus anciens *M. meridionalis* à l'espèce *Mammuthus gromovi*, définie à Khapry en Russie sud-occidentale.

Des recherches récentes, dues notamment à A. Lister, ont considérablement modifié ce schéma qui pêchait par simplisme :

Le plus ancien mammoth d'Europe est *M. rumanus* (Stefanescu), défini en Roumanie à Tulucești (3,5 à 3 Ma), attesté en Bulgarie, dans la formation du Red Crag en Angleterre (2,6 à 2,5 Ma), à Montopoli (2,6 à 2,5 Ma) et Laiatico (Valdarno inférieur) en Italie (Lister & van Essen, 2003 ; Markov & Spassov, 2003). *M. rumanus* est donc connu dès le début de MNQ 16 a.

Si l'on considère *M. gromovi* (Garutt & Alexeieva) comme une espèce valide – sa validité est discutée, et A. Lister (1996) rappelle que certains auteurs la considéraient simplement comme une forme primitive de *M. meridionalis* –, elle caractérise la fin du Villafranchien inférieur et la base du Villafranchien moyen : le complexe faunique de Khapry daterait de 1,8 à 2,5 Ma (en 1996 Lister retient environ 2,2 Ma pour la carrière Liventsovka, gisement le plus représentatif de ce complexe).

M. meridionalis (Nesti) n'est attesté quant à lui qu'à partir du Villafranchien moyen et cette espèce a eu néanmoins une durée de vie considérable, d'environ 2 Ma à 0,6 Ma.

Plusieurs sous-espèces ont été décrites selon le degré de l'évolution dentaire, elles se succèdent donc dans le temps :

- la sous-espèce nominale, définie dans le Valdarno supérieur, est la plus ancienne, et A. Lister (1996) estime à 1,6 Ma l'âge du gisement-type ; *M. meridionalis taribanensis* Gabounia & Vekua, de Géorgie, en est synonyme.
- elle est suivie de *M. meridionalis tamanensis* Doubrovo du Villafranchien terminal de Crimée (Siniaya Balka, complexe faunique de Taman ; l'âge est d'un peu plus d'un million d'années) et d'Oubéidiyeh en Israël, dont l'âge est d'environ 1,4 Ma (MNQ 19).
- son descendant *M. meridionalis depereti* Coppins & Beden date du début du Pléistocène moyen ; c'est cette sous-espèce qui est présente à Saint-Prest (le gisement-type, qui a livré 174 restes constituant une population homogène) et à Durfort, deux sites dont l'âge est de l'ordre de 0,9 à 1 Ma (MNQ 20).
- *M. meridionalis cromerensis* Depéret, Mayet & Roman est défini du Cromer Forest Bed, dans un niveau daté de 0,7 à 0,6 Ma (Lister, 1996).

Cette dernière forme européenne du Mammoth méridional sera remplacée au cours du Pléistocène moyen par son descendant le Mammoth des steppes *Mammuthus trogontherii* (Pohlig), défini à Süssenborn en Allemagne. Ce dernier serait apparu vers 2-1,5 Ma, peut-être en Chine, aurait gagné la Sibérie Nord-Orientale vers 1,2 Ma puis plus tard l'Europe (Lister *et al.*, 2005).

M. trogontherii aurait selon A. Lister *et al.* (2005) commencé vers 0,7 Ma son évolution vers *M. primigenius* en Sibérie Nord-Orientale ; *M. primigenius* aurait continué son évolution dans cette région puis aurait

gagné bien plus tard (vers 200 000 ans) l'Europe, y rencontrant sans doute des *trogontherii* tardifs.

B. Labe & C. Guérin (2005) ont réhabilité l'espèce *M. intermedius* (Jourdan) pour des formes considérées comme intermédiaires entre *trogontherii* et *primigenius*. Elle était originellement définie dans les lœss anciens de la région lyonnaise ; un néotype a été désigné, provenant du gisement des Abîmes de la Fage en Corrèze, dont l'âge est au minimum de 301 à 242 ka (MNQ 24). *Mammuthus chosaricus* Dubrovo en est synonyme.

Une forme naine holocène (MNQ 27) de *M. primigenius* a été décrite de l'île Wrangel (Lister, 1993 ; Vartanyan *et al.*, 1993) ; elle disparaît après 4000 ans BP.

D'autres travaux ont concerné la famille des Bovidae, notamment ceux réalisés par E. Crégut-Bonnoure (2002) sur les Caprinae (tribus Rupicaprini, Ovisovini, Caprini et Ovini) et Antilopinae provenant d'environ 250 gisements d'Europe. Cette étude prend en compte 32 espèces parmi lesquelles plusieurs taxons sont nouveaux ou récents : *Praeovibos priscus delumleyi* Crégut défini à la Caune de l'Arago (niv. F/G, MNQ 22), *Praeovibos mediterraneus* Crégut de Venta Micena (Espagne, MNQ 20), *Pliotragus macedonicus* Crégut & Tsoukala de Petralona (Grèce, MNQ 21/22), *Megalovis balcanicus* Crégut & Dimitrijevic de Trlica (Monténégro, MNQ 20) et Pirro Nord (Italie, MNQ 20), *Soergelia brigittae* Kostopoulos d'Appolonia I (Grèce, MNQ 20), *Soergelia minor* Moya Sola de Venta Micena, *Soergelia intermedia* Crégut & Dimitrijevic de Trlica, *Hemitragus albus* (Moya Sola) de Venta Micena, *Hemitragus cedrensis* Crégut de la Grotte des Cèdres (France, MNQ 24), *Hemitragus orientalis* Crégut & Spassov de Slivnitsa (Bulgarie, MNQ 18), *Capra caucasica praepyrenaica* Crégut de Soulabé (France, MNQ 26).

D'autres espèces nouvelles de Bovidae d'Europe ont été décrites récemment : *Euthyceros thessalicus* Athanassiou, 2002 de Sésκλο (Grèce, MNQ 17), *Gazella bouvraini* Kostopoulos, 1996 de Sésκλο et Gerakarou (Grèce, MNQ 17 et 18), *Gazella aegeae* Athanassiou, 2002 de Sésκλο (Grèce, MNQ 17), *Bos galerianus* Petronio & Sardella, 1998 du Cromérien (MNQ 21) de la région de Rome, *Bison menneri* Sher, 1997 d'Untermassfeld (Allemagne, MNQ 20).

Tous ces taxons précisent la définition des zones dans lesquelles ils sont apparus et ont vécu.

Le système MNQ est aussi évolutif vis-à-vis des nouvelles datations radiométriques réalisées dans de grands gisements. C'est ainsi par exemple que plusieurs sites à faune des zones MNQ 24 et 25 ont été récemment datés, précisant leur âge radiométriques et permettant de les corrélérer précisément avec les stades isotopiques (voir notamment Mourer-Chauviré *et al.*, 2003), bien que l'âge exact de certains de ces stades donne lieu à discussion :

+ Orgnac III (Ardèche) : couches j 3 et i 1, 339 ka (U/Th), MIS 9, MNQ 24.

+ La Fage-Aven I (Corrèze) : couches 2/3 à 5, 242 à 301 ka (U/Th), MIS 8, MNQ 24.

+ La Micoque couche L 2/3, 287 ± 11 ka (ESR), MIS 8, MNQ 24.

+ Grotte Vaufray : couche X, 246 ± 76 ka (U/Th), MIS 8, MNQ 24 ; couche IX, 203 à 209 ka (TL), MIS 7, MNQ 24 ; couche IV, 120 ± 10 ka (TL), MIS 6 ou 5 e, MNQ 24/25.

+ Abri Suard : plancher stalagmitique 185 ± 10 ka (U/Th), MIS 7, MNQ 24 ; couche 51, 126 ± 15 ka (TL), MIS 6 ou 5 e, MNQ 24/25.

+ Abri-sous-roche du Bau de l'Aubesier à Monieux (Vaucluse), couche H 1, entre 169 ± 17 ka et 191 ± 15 ka (TL), MIS 6, MNQ 24.

+ Aven de Romain-la-Roche (Doubs), couches VI-VIIIc 3 : 150 ± 18 ka par U/Th, MIS 6, MNQ 24.

4 - L'INTÉRÊT DU SYSTÈME

Le système MNQ est un bon moyen pour dater efficacement un gisement lorsque aucune méthode de datation absolue (radiochronologie, paléomagnétisme) ne lui est applicable. Nous avons ainsi pu attribuer un âge d'environ 1,4 Ma au gisement israélien d'Oubéidiyeh (Tchernov *et al.*, 1986).

Il arrive par ailleurs que ces méthodes donnent des résultats contradictoires et/ou difficiles à interpréter, surtout lorsque la géologie du site concerné est complexe et mal connue (Guérin & Faure, 1991).

C'est par exemple le cas du gisement villafranchien inférieur de Vialette en Haute-Loire daté initialement par Savage & Curtis (1970) à 3,8 Ma puisque sous-jacent à une coulée basaltique de cet âge. En 1978, Bandet *et al.* proposèrent 3,3 Ma d'après l'âge d'une coulée cette fois sous-jacente. S'appuyant sur le paléomagnétisme Biquand *et al.* (1990) placent le site entre 3,58 et 2,58 Ma. En 1991, M. Fouris *et al.* estiment que Vialette est stratigraphiquement au-dessus d'une coulée datant de 3,07 Ma et pourrait être plus récent que 2,92 Ma. Or du point de vue biochronologique la faune de Vialette est significativement plus récente que les faunes de Perpignan-Serrat d'en Vaquer, Layna et Wölfersheim (Ruscinién supérieur, 4 à 3,5 Ma) ; elle est en revanche proche de celles de Triversa et Hajnacka (autour de 3,1 Ma, mais cette datation est discutée) et significativement plus ancienne que celles de Montopoli et de Perrier-Les Etouaires (2,6 à 2,5 Ma). L'âge de Vialette se situe donc très probablement entre 3,1 et 2,6 Ma.

L'interprétation des données paléomagnétiques peut également se révéler délicate, comme le montrent celles de Lindsay (1985) et Lindsay *et al.* (1997) à propos du site italien de Triversa, datées successivement entre 3 et 2,6 Ma, puis entre 4,3 et 4,2 Ma, enfin entre 4,2 et 3,6 Ma.

Quant à la stratigraphie isotopique, considérée comme si sûre à ses débuts qu'aucune marge d'erreur n'était jamais précisée pour les âges des divers stades,

elle donne désormais lieu à des incertitudes, comme on l'a vu plus haut. Et ces incertitudes peuvent être grandes (Dansgaard *et al.*, 1993) : il semblerait par exemple que le Holstein (l'avant-dernier interglaciaire, Mindel/Riss en « chronologie » glaciaire alpine), auquel la zone MNQ 23 correspond grosso modo, puisse être corrélé soit avec le stade isotopique 11, ce qui le mettrait au-delà de 400 000 ans (Vandenberghe, 2000), soit avec les stades 7 à 10, ce qui le placerait plutôt entre 200 000 et 400 000 ans (Riser, 2001).

5 - APPLICATION DU SYSTÈME MNQ À LA LIMITE TERTIAIRE/QUATÉNAIRE

La limite Tertiaire/Quaternaire, qui correspond à la limite Pliocène/Pléistocène, est actuellement fixée aux alentours de 1,8 Ma. Elle est définie d'après un événement paléomagnétique, et ne correspond à aucun

changement majeur dans l'histoire de la vie animale et végétale ; cette situation est de plus en plus mal acceptée par les paléontologues et les stratigraphes ; les instances internationales ont fini par s'en émouvoir et demander l'avis de la communauté scientifique (Remane & Michelsen, 1999 ; Pillans & Naish, 2004 ; Clague, 2006).

Une limite à 1,8 Ma se situe entre les zones MNQ 17 (Saint-Vallier, environ 2 Ma : Guérin *et al.*, 2004) et MNQ 18 (Senèze, dont l'âge est controversé mais indiscutablement plus récent : Faure *et al.*, 2005). Les figures 1 et 2 donne la liste des mammifères recueillis respectivement à : Perrier-Les Etouaires (MNQ 16 b) d'après E. Heintz *et al.* (1974), J. Chaline & J. Michaux (1974), C. Guérin (1980) et M.P. Duvernois (1990) ; Saint-Vallier niveau supérieur (et principal) d'après C. Guérin *et al.* (2004) ; Senèze d'après M. Faure *et al.* (2005).

	MNQ 16 b Etouaires	MNQ 17 Saint-Vallier	MNQ 18 Senèze
<i>Talpa</i>	sp.	<i>fossilis</i>	
<i>Galemys</i>	sp.		
<i>Beremendia fissidens</i>		X	
<i>Mimomys polonicus</i>	X		
<i>Mimomys reidi</i>	X		
<i>Mimomys pusillus</i>		cf.	X
<i>Mimomys pliocaenicus</i>		X	X
<i>Mimomys newtoni</i>			X
<i>Apodemus atavus</i>		X	
<i>Castor</i>		<i>fiber</i>	sp.
<i>Trogontherium</i>	<i>minus</i>	<i>cuvieri</i>	
<i>Hystrix</i>	sp.	<i>refossa</i>	
<i>Oryctolagus lacosti</i>		X	X
<i>Macaca sylvana</i>		X	X
<i>Paradolichopithecus arvernensis</i>			X
<i>Nyctereutes</i>	<i>megamastoides</i>	<i>vulpinus</i>	<i>megamastoides</i>
<i>Vulpes alopecoides</i>	X	X	X
<i>Canis</i>		sp.	<i>senezensis</i>
<i>Baranogale antiqua</i>	X	X	
<i>Enhydriactis ardea</i>	X	X	
<i>Aonyx bravardi</i>	X	X	
<i>Meles thoralis</i>		X	
<i>Ursus minimus</i>	X		
<i>Ursus etruscus</i>		X	X
<i>Pachycrocuta perrieri</i>	X	X	X
<i>Euryboas lunensis</i>	X	X	X
<i>Lynx issiodorensis</i>	X	X	
<i>Acinonyx pardinensis</i>	X	X	X
<i>Viretailurus schaubi</i>		X	
<i>Homotherium crenatidens</i>	X	X	X
<i>Megantereon cultridens</i>	X	X	X

Fig. 1 : Les mammifères autres qu'Ongulés des sites de Perrier-Les Etouaires (MNQ 16 b), Saint-Vallier (MNQ 17) et Senèze (MNQ 18).
Fig. 1: Non-hoofed mammals from the sites of Perrier-Les Etouaires (MNQ 16 b), Saint-Vallier (MNQ 17) and Senèze (MNQ 18).

	MNQ 16 b Etouaires	MNQ 17 Saint-Vallier <i>A. a. falconeri</i>	MNQ 18 Senèze
<i>Anancus arvernensis</i>	X		
<i>Zygodolophodon borsoni</i>	X		
<i>Mammuthus meridionalis</i>		X	X
<i>Dicerorhinus jeanvireti</i>	X		
<i>Dicerorhinus etruscus</i>	X	X	X
<i>Tapirus arvernensis</i>	X		
<i>Allohippus stenorhinus</i>		<i>A. s. vireti</i>	<i>A. s. senezensis</i>
petit Equidé		sp.	? <i>Equus stehlini</i>
<i>Equus bressanus</i>			X
<i>Sus arvernensis</i>	X		
<i>Sus strozzii</i>		X	X
<i>Cervus cusanus</i>	X		
<i>Cervus pardinensis</i>	X		
<i>Cervus perrieri</i>	X		
<i>Arvernoceros ardei</i>	X		
<i>Croizetoceros ramosus</i>	<i>C. r. ramosus</i>	<i>C. r. medius</i>	<i>C. r. minor</i>
<i>Cervus philisi</i>		<i>C. p. valliensis</i>	<i>C. p. philisi</i>
<i>Eucladoceros ctenoides</i>		<i>E. c. vireti</i>	<i>E. c. senezensis</i>
<i>Alces gallicus</i>			X
<i>Gazella borbonica</i>	X	X	
<i>Gazellospira torticornis</i>		X	X
<i>Gallogoral meneghinii</i>		X	X
<i>Procamptoceras brivatense</i>			X
<i>Pliotragus ardeus</i>	X		X
<i>Megalovis latifrons</i>			X
<i>Leptobos bravardi</i>	X		
<i>Leptobos elatus</i>	X	<i>L. e. merlai</i>	
<i>Leptobos etruscus</i>			X
<i>Leptobos furtivus</i>			X

Fig. 2 : Les mammifères Ongulés des sites de Perrier-Les Etouaires (MNQ 16 b), Saint-Vallier (MNQ 17) et Senèze (MNQ 18).
Fig. 2: Hoofed mammals from the sites of Perrier-Les Etouaires (MNQ 16 b), Saint-Vallier (MNQ 17) and Senèze (MNQ 18).

On y voit que le changement faunique entre les deux zones 17 et 18 est faible, bien plus que celui correspondant au passage entre la sous-zone MN 16 b et la zone 17 (fig. 1 et 2) : il y a changement de sous-espèce pour trois espèces de Cervidae, *Cervus ramosus*, *C. philisi* et *Eucladoceros ctenoides*, et une espèce d'Equidae, *Allohippus stenorhinus*. Quatre espèces de Bovidae sont attestées en zone 18, *Leptobos etruscus* et *L. furtivus* qui remplacent *L. elatus*, mais *L. etruscus* est déjà présent dans le gisement d'Olivola, plus ancien que Senèze ; *Procamptoceras brivatense* et *Megalovis latifrons* apparaissent à Senèze, et il y apparaît également *Alces gallicus* et *Canis senezensis* (mais un *Canis* sp. existe à Saint-Vallier) ; *Paradolichopithecus arvernensis* présent à Senèze est absent à Saint-Vallier mais connu dans des sites plus anciens (Viallette), il en est de même pour *Pliotragus ardeus*, attesté à Viallette ; *Equus bressanus* présent à Senèze est absent de Saint-Vallier mais connu à Chagny dont l'âge est proche de Saint-Vallier. Deux espèces de *Mimomys*, une de lapin, une de macaque, six de carnivores, une de mammoth, une de rhinocéros et une de sanglier sont communes aux deux sites et ne connaissent pas de changement anatomique significatif.

Finalement Senèze et Saint-Vallier ont donc au moins 16 espèces en commun (et trois autres présentes à Senèze mais absentes de Saint-Vallier sont déjà connues dans des sites plus anciens que Saint-Vallier), et diffèrent essentiellement par l'apparition à Senèze de 4 espèces et 4 sous-espèces nouvelles. Une limite Tertiaire/Quaternaire située entre les zones MNQ 17 et 18 ne correspond donc qu'à des changements mineurs dans l'histoire de la vie, ce qu'avaient déjà signalé R. Ballesio *et al.*, en 1973, soulignant que pas plus que les mammifères, les mollusques et les pollens n'enregistrent à cette période aucun changement majeur.

En revanche il existe une coupure faunique très importante au cours du Plio-Villafranchien : celle qui intervient entre les zones MNQ 15 (Ruscinien supérieur) et 16 (Villafranchien inférieur).

La grande faune du Ruscinien d'Europe est typifiée par les associations découvertes dans la formation de Montpellier (MNQ 14) et le gisement de Perpignan-Serrat d'En Vacquer (MNQ 15), au demeurant pas très différentes ; d'autres grands sites du Ruscinien supérieur d'Europe sont Layna (Espagne) et Wölfersheim (Allemagne). Elle comprend surtout les Mastodontes

Anancus arvernensis et *Zygodon borsoni*, le Tapiridé *Tapirus arvernensis*, les Rhinocéros *Dicerorhinus megarhinus* et *D. miquelcrusafonti*, les Equidés *Hipparion crassum* et *H. fissurae*, les Suidés *Potamochoerus provincialis* et *Sus arvernensis minor*, *Hippopotamus crusafonti*, les Cervidés *Paracervulus australis* et *Croizetoceros pyrenaicus*, les Bovidés *Parabos cordieri*, *Alephis lyrix*, *Gazella borbonica*, l'Hyracoïde *Pliohyrax graecus*, le Tubulidenté *Orycteropus depereti*, les Primates *Mesopithecus monspessulanus*, *Dolichopithecus rusciniensis*, *Macaca sylvanus*, les Canidés *Canis adoxus*, *C. michauxi*, *Nyctereutes donnezani*, les Ursidés *Agriotherium insigne* et *Ursus minimus*, les Mustélidés *Plesiogulo monspessulanum*, *Mustela plioherminea*, *M. plioaenica*, *Vormela berehendensis*, le grand Félidé *Dinofelis diastemata*, les Hyénidés *Pachycrocuta pyrenaica* et *Euryboas*

lunensis. Il y a aussi des mammifères marins, dont divers Cétacés et Siréniens Dugongidae. De nombreux micromammifères ont été découverts, notamment par J. Michaux.

Presque tous ces taxons disparaissent à la fin du Ruscinien, seuls subsistent au début du Villafranchien, avec un changement de sous-espèce pour la plupart, les deux mastodontes, le tapir, un *Hipparion* (mais l'espèce est différente), la gazelle, le macaque, le chien viverrin *Nyctereutes* (avec une espèce différente), les ours *Agriotherium* et *Ursus minimus* et la hyène chasserresse *Euryboas* (fig. 3 et 4).

A Vialette se trouve une riche faune forestière d'une vingtaine d'espèces de Mammifères, dont la liste est fournie fig. 3 et 4. On note la rareté des Bovidae (deux espèces, dont *Gazellospira torticornis* signalée pour la

	MNQ 15 Perpignan	MNQ 16 a Vialette	MNQ 16 a Triversa	MNQ 16 b Etouaires	MNQ 16 b Montopoli
<i>Mimomys cf. davakosi</i>	X				
<i>Mimomys polonicus</i>			X	X	
<i>Mimomys reidi</i>				X	
<i>Mimomys gracilis</i>			X		
<i>Apodemus cf. elsomyoides</i>			X		
<i>Muscardinus</i>			sp.		
<i>Glirulus pusillus</i>			X		
<i>Hystrix primigenia</i>				sp.	
<i>Castor praefiber</i>	X				
<i>Castor</i>			sp.		
<i>Trogontherium</i>		<i>cuvieri</i>		<i>minus</i>	
<i>Macaca</i>			sp.		
<i>Dolichopithecus rusciniensis</i>	X				
<i>Mesopithecus monspessulanus</i>	X		X		
<i>Paradolichopithecus arvensis</i>		X			
<i>Prolagus savagei</i>			X		
<i>Nyctereutes donnezani</i>	X				
<i>Nyctereutes megamastax</i>				X	X
<i>Canis michauxi</i>	X	sp.			
<i>Canis adoxus</i>	X				
<i>Vulpes alopecoides</i>				X	
<i>Baranogale antiqua</i>			X	X	
<i>Enhydriactis ardea</i>			X	X	
<i>Aonyx bravardi</i>				X	
<i>Viverra zibethica</i>	X		X		sp.
<i>Megaviverra</i>			<i>appennina</i>		sp.
<i>Parailurus</i>			<i>hungaricus</i>		
<i>Ursus minimus</i>	X	X	X	X	
<i>Agriotherium</i> sp.		X			
<i>Pachycrocuta pyrenaica</i>	X				
<i>Pachycrocuta perrieri</i>		X		X	X
<i>Euryboas lunensis</i>			X	X	
<i>Lynx issiodorensis</i>	X	X		X	
<i>Acinonyx</i>			<i>pardinensis</i>		<i>pardinensis</i>
<i>Dinofelis diastemata</i>	X				
<i>Homotherium</i>	sp.		<i>crenatidens</i>	<i>crenatidens</i>	
<i>Megantereon cultridens</i>				X	
<i>Felis aff. maniculata</i>	X				

Fig. 3 : Les mammifères autres qu'Ongulés des sites de Perpignan-Serrat d'En Vacquer (MNQ 15), Vialette (MNQ 16 a), Triversa (MNQ 16 a), Perrier-Les Etouaires (MNQ 16 b), Montopoli (MNQ 16 b).

Fig. 3: Non-hoofed mammals from the sites of Perpignan-Serrat d'En Vacquer (MNQ 15), Vialette (MNQ 16 a), Triversa (MNQ 16 a), Perrier-Les Etouaires (MNQ 16 b), Montopoli (MNQ 16 b).

	MNQ 15 Perpignan	MNQ 16 a Violette	MNQ 16 a Triversa	MNQ 16 b Etouaires	MNQ 16 b Montopoli
<i>Anancus arvernensis</i>	X	X	X	X	X
<i>Zygodon borsoni</i>	X	X	X	X	
<i>Mammuthus rumanus</i>					X
<i>Dicerorhinus megarhinus</i>	X				
<i>D. miquelcrusafonti</i>	X				
<i>D. jeanvireti</i>		X	X	X	X
<i>D. etruscus</i>				X	X
<i>Tapirus arvernensis</i>	<i>T. a. minor</i>	<i>T. a. arvern.</i>	<i>T. a. arvern.</i>	<i>T. a. arvern.</i>	
<i>Hipparion crassum</i>	X				
<i>Equus</i>		? sp.			<i>livenzovensis</i>
<i>Sus arvernensis</i>	<i>S. a. minor</i>	<i>S. a. arvern.</i>	<i>S. a. arvern.</i>	<i>S. a. arvern.</i>	
<i>Potamochoerus prov.</i>	X				
<i>Cervus ruscinensis</i>	X				
<i>Croizetoceros pyren.</i>	X				
<i>Croizetoceros</i>	<i>proramusus</i>	<i>ramosus</i>		<i>ramosus</i>	<i>ramosus</i>
<i>Paracervulus perp.</i>	X				
<i>Cervus cusanus</i>		X	cf.	X	?
<i>Cervus pardinensis</i>		X		X	X
<i>Cervus perrieri</i>		X		X	
<i>Arvernoceros ardei</i>		X		X	
<i>Eucladoceros</i>		? sp.			<i>falconeri</i>
<i>Gazella borbonica</i>	X	? sp.		X	X
<i>Gazellospira torticornis</i>		X			
<i>Alephis lyrix</i>	X				
<i>Pliotragus ardeus</i>		X			
<i>Leptobos bravardi</i>				X	
<i>Leptobos elatus</i>			X	X	<i>L. e. merlai</i>
<i>Leptobos etruscus</i>					X
<i>Orycteropus depereti</i>	X				

Fig. 4 : Les mammifères Ongulés des sites de Perpignan-Serrat d'En Vacquer (MNQ 15), Violette (MNQ 16 a), Triversa (MNQ 16 a), Perrier-Les Etouaires (MNQ 16 b), Montopoli (MNQ 16 b).

Fig. 4: Hoofed mammals from the sites of Perpignan-Serrat d'En Vacquer (MNQ 15), Violette (MNQ 16 a), Triversa (MNQ 16 a), Perrier-Les Etouaires (MNQ 16 b), Montopoli (MNQ 16 b).

première fois par Duvernois & Guérin en 1989), sans doute due aux conditions écologiques, et on remarque la survivance du grand Ursidé carnassier *Agriotherium* qui est le plus puissant carnivore du site ; Violette est le seul gisement villafranchien d'Europe occidentale où ce genre connu au Miocène terminal et au Rusciniens soit signalé. Parmi les autres carnivores se trouve un *Canis* indéterminé évoquant *Canis michauxi* du Rusciniens (Monguillon *in* Lacombat, 2005).

F. Lacombat (2005) a révisé les vieilles collections inédites du Musée Crozatier du Puy-en-Velay, il y a découvert pour Violette trois taxons jamais encore signalés dans le site, dont il sera toutefois nécessaire de vérifier la présence par de nouvelles fouilles :

- *Equus* sp., qui serait le plus ancien cheval connu en Europe, le genre étant considéré jusqu'alors comme apparu dans la sous-zone MNQ 16 b.
- *Eucladoceros* sp. représenterait la première apparition de ce genre de grand Cervidae en Europe, où il n'était jusqu'à présent connu qu'à partir de la sous-zone MNQ 16 b.
- *Gazella borbonica* est bien connue au Rusciniens et jusqu'au Villafranchien moyen.

La faune de Triversa à Villafranca d'Asti (Italie) est proche de celle de Violette. Le site fait partie d'une vaste formation géologique, qui inclut les gisements de

San Paolo, Solbrito, Dusino, Fornace R.D.B., Casa Crotino, Casa Cassinotta, Arboschio, Arondelli. Les mammifères présents correspondent à l'Unité faunique de Triversa des paléontologues italiens, leur liste établie d'après divers travaux de A. Azzaroli (1977) et M.R. Palombo *et al.* (2000-2002) est donnée fig. 3 et 4. L'âge serait de 3,2 Ma selon une étude par paléomagnétisme (Gliozzi *et al.*, 1997), mais il est controversé.

Perrier-Les Etouaires est daté de $2,5 \pm 0,1$ Ma (Poidévin *et al.*, 1984). On y a découvert 34 espèces de Mammifères, dont la liste est donnée fig. 3 et 4 d'après E. Heintz *et al.* (1974), J. Chaline & J. Michaux (1974), C. Guérin (1980) et M.P. Duvernois (1990).

Montopoli (Valdarno inférieur, Italie) est biostratigraphiquement proche de Perrier-les Etouaires : la liste de faune est donnée fig. 3 et 4 ; on notera que cette liste, établie d'après divers travaux de A. Azzaroli (notamment 1977 et 2001) et M.R. Palombo *et al.* (2000-2002) est quelque peu instable, *Cervus pardinensis* étant remplacé par *C. cusanus* + *Peudodama lyra* et *Pachycrocuta perrieri* par *P. brevirostris* *in* Azzaroli (2001). L'âge de cette faune est à peu près le même qu'à Perrier-Les Etouaires, soit environ 2,6 Ma (Gliozzi *et al.*, 1997).

A Violette apparaissent donc 5 espèces nouvelles de Cervidae (*Cervus cusanus*, *C. pardinensis*, *C. perrieri*, *Arvernoceros ardei*), plus peut-être un genre nouveau

de la même famille (*Eucladoceros*), ainsi que deux nouveaux genres de Bovidae (*Gazellospira* et *Pliotragus*), peut-être le premier *Equus* européen, un nouveau genre de Primates (*Paradolichopithecus*), une nouvelle espèce de rhinocéros (*Dicerorhinus jeanvireti*), une nouvelle espèce de Hyénidé (*Pachycrocuta perrieri*), et deux nouvelles sous-espèces, un tapir et un sanglier. A Triversa nombre d'espèces sont communes avec Vialette ; il s'y trouve en plus 5 espèces de micromammifères dont c'est la première apparition (la microfaune n'a jamais été recherchée à Vialette), un genre nouveau (au moins pour l'Europe) de Bovidae (*Leptobos*), une nouvelle espèce de lapin et les deux nouveaux Carnivores *Baranogale antiqua* et *Enhydriactis ardea* (*Euryboas* est connu de Layna, en MNQ 15).

Il y a donc du point de vue biostratigraphique une coupure majeure entre Rusciniens et Villafranchien (fig. 3 et 4), immédiatement en dessous des niveaux de Vialette et de Triversa. La faune de Perrier-Les Etouaires et Montopoli ne diffère pas suffisamment de celle de ces derniers gisements pour justifier une zone différente ; ces deux groupes de sites sont placés dans la sous-zone MNQ 16 a pour les premiers, MNQ 16 b pour les seconds. La coupure MNQ 15 / MNQ 16 se révèle bien plus importante que celle qui la précède (14/15) et les trois qui la suivent (16/17, 17/18 et 18/19). Cette coupure majeure se situe entre 3 et 2,5 Ma.

6 - CORRÉLATION AVEC LES AUTRES CONTINENTS

Cette coupure entre Rusciniens supérieur et Villafranchien inférieur paraît corrélable avec d'autres observées à la même époque dans d'autres empires biogéographiques.

Dans l'Empire éthiopien (Afrique sub-saharienne), M. Pickford (1990) note entre 2,9 et 2,5 Ma un rapide et important changement de faune en Afrique orientale : les Artiodactyles Bovidés *Syncerus* et *Antidorcas* apparaissent ; les genres *Notochoerus*, *Kobus*, *Redunca*, *Theropithecus* connaissent de nouvelles spéciations ; les lignées de *Palaeoloxodon recki* et *Kolpochoerus limnetes* voient apparaître de nouvelles sous-espèces constituant autant de stades évolutifs ; pendant cette même période sont attestés les derniers *Stegodon* et *Loxodonta adaurora*. Immédiatement après cette période, apparaîtront de nombreux taxons nouveaux. On observe donc une coupure majeure entre 2,9 et 2,5 Ma.

Dans l'Empire néotropical (Amérique du Sud et Amérique centrale au Sud du Mexique) une succession d'âges mammaliens a été définie, et de nombreuses datations ont été réalisées, le plus souvent par paléomagnétisme (Marshall *et al.*, 1984 ; Alberdi *et al.*, 1995 ; Cione & Tonni, 1995 ; Tonni *et al.*, 1999 ; Cione & Tonni, 2001 ; Tonni, 2004). Le Montehermoséen, unanimement considéré comme Pliocène, s'achève selon les auteurs vers 4 ou 3 Ma. Il est suivi du

Chapadmalalien qui s'achève vers 3 ou 2,5 Ma. Vient ensuite le Marplatien, lequel correspond à peu près à l'ancien Uquien. Dans la première « formation » (considérée comme un « sous-étage ») du Marplatien, qui débute entre 3 et 2,5 Ma, apparaissent les Xénarthrés *Tolypeutes*, *Hoplophractus*, *Eutatus*, *Sclerocalyptus*, *Megatherium*, *Glossotherium*, plus peut-être *Myiodon*, *Scelidotherium* et *Scelidodon*, les Rongeurs Caviomorphes *Dolichotis* et *Lagostomus*, les Litopternes *Windhausenina* et *Pseudomacrauchenia*, le Notongulé *Mesotherium*, le Proboscidiens *Cuvieronius hyodon*, les Périssodactyles *Tapirus* et *Hippidion devillei*, les Artiodactyles *Platygonus scagliai* et *Palaeolama paradoxa*, les Carnivores *Duscicyon*, *Protocyon*, *Arctotherium*, *Galictis*, *Stipanicia*, *Felis* (dont notamment *F. pumoides*), et peut-être *Smilodon*. Il y a donc un changement faunique très important entre Chapadmalalien et Marplatien, changement qui est à peu près synchronique de coupures majeures observées en Europe et en Afrique sub-saharienne.

7 - CONCLUSION

Le système MNQ est évolutif, il s'est révélé parfaitement capable d'intégrer aussi bien les avancées de la recherche paléontologique (définition de nouvelles espèces avec établissement de leur extension temporelle) que les nouvelles datations radiométriques. Il constitue un bon outil de datation.

Appliqué à une redéfinition de la limite Tertiaire/Quaternaire, ce système milite en faveur d'une limite placée, pour l'Europe, entre les zones MNQ 15 et 16, c'est à dire immédiatement en dessous des grands gisements de la standardzone MNQ 16, soit dans l'état actuel de nos connaissances entre 3 et 2,5 Ma (sans doute un peu au-delà de 2,6 Ma).

Les mêmes arguments impliquent que la même limite soit utilisée entre Pliocène et Pléistocène, ce qui est en outre parfaitement conforme au Principe de hiérarchie. Le Quaternaire peut donc constituer un système, sur le même plan que le Néogène, à l'intérieur de l'Erathème Cénozoïque. Il se subdivise en Pléistocène et Holocène, lesquels sont sur le même plan que Miocène et Pliocène dans le Néogène ; ce résultat correspond à l'option 4 de B. Pillans & T. Naish (2004), qui préfèrent quant à eux faire du Quaternaire un sous-système du Néogène mais situent comme moi, tout en utilisant d'autres arguments, les limites Tertiaire/Quaternaire et Pliocène/Pléistocène aux alentours de 2,6 Ma.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ALBERDI M.T., PRADO J.L., TONNI E.P. (ed.), & coll., 1995 - *Evolucion biológica y climática de la región pampeana durante los últimos cinco millones de años*. Museo nacional de Ciencias naturales, Consejo superior de Investigaciones científicas, Madrid, 423 p.

- AZZAROLI A., 1977** - The Villafranchian stage in Italy and the Plio-Pleistocene boundary. *Giornale di Geologia*, série 2a, vol. **XLI**, fasc. I-II, 61-79.
- AZZAROLI A., 2001** - Middle and Late Villafranchian Vertebrates from Tuscany and Umbria. A synopsis. *Bolletino della Società Paleontologica Italiana*, **40** (3), 351-356.
- BALLESIO R., GUÉRIN C., MÉON-VILAIN H., MIGUET R., & DEMARCQ G., 1973** - Observations et propositions biostratigraphiques sur la limite Pliocène-Quaternaire. *Internat. Coll. « The Boundary between Neogene and Quaternary »*, Coll. Papers, **IV**, 44-75.
- BANDET Y., DONVILLE B., & MICHAUX J., 1978** - Étude géologique et géochronologique du site villafranchien de Viallette (Puy-de-Dôme). *Bulletin de la Société géologique de France*, série 7, **20**, 245-251.
- BIQUAND D., DUBAR M., & SÉMAH F., 1990** - Paleomagnetic correlation of the Mediterranean Upper Neogene biochronology and Villafranchian vertebrate sites of the Massif Central, France. *Quaternary Research*, **33**, 241-252.
- BCEUF O., 1997** - A propos de Chilhac, Senèze, Blassac-la-Girondie (Haute-Loire, France), gisements du Pliocène terminal, leur intérêt biochronologique. In J.P. Aguilar, S. Legendre & J. Michaux (ed.), *European Neogene Mammal Chronology*. Mémoires des Travaux E.P.H.E., Montpellier, 661-668.
- BRUIJN de H., DAAMS R., DAXNER-HÖCK G., FAHLBUSCH V., GINSBURG L., MEIN P., MORALES J., & coll., 1992** - Report of the RCMNS working group on fossil mammals, Reisenburg 1990. *Newsl. Stratigr.*, **26** (2/3), 65-118.
- CALLOMON J.H., & DONOVAN D.T., 1971** - A code of Mesozoic Stratigraphical nomenclature. *Mémoires du Bureau de Recherches Géologiques et Minières*, n° **75** (Coll. Jurassique Luxembourg, 1967), 75-81.
- CHALINE J., & MICHAUX J., 1974** - Les Rongeurs du Pléistocène inférieur de France. *Mémoires du Bureau de Recherches Géologiques et Minières*, n° **78**, t. 1, 89-97.
- CIONE A.L., & TONNI E.P., 1995** - Biostratigrafía y cronología del Cenozoico superior de la region pampeana. In M.T. Alberdi, G. Leone & E.P. Tonni (ed.), *Evolucion biologica y climatica de la region pampeana durante los ultimos cinco millones de años*. Museo Nacionales de Ciencias naturales edit., Madrid, 49-74.
- CIONE A.L., & TONNI E.P., 2001** - Correlation of Pliocene to Holocene southern South American and European vertebrate-bearing units. *Bolletino della Società Paleontologica Italiana*, **40** (2), 167-173.
- CLAGUE J., 2006** - Announcement. Status of the Quaternary : Your opinion sought. *Quaternary Research*, **65**, 1-2.
- CRÉGUT-BONNOURE E., 2002** - *Les Ovivovini et Caprini (Mammalia, Artiodactyla, Bovidae, Caprinae) du Plio-Pléistocène d'Europe. Systématique, évolution, biostratigraphie*. Thèse Doctorat d'Etat Université Claude Bernard-Lyon I, 1 vol. texte, 408 p., 1 vol. figures et planches, 1 vol. tableaux (inédit).
- DANSGAARD W., JOHNSEN S.J., CLAUSEN H.B., DAHL-JENSEN D., GUNDESTRUP N.S., HAMMER C.U., HVIDBERG C.S., STEFFENSEN J.P., SVEINBJÖRNSDOTTIR A.E., JOUZEL J., & BOND G., 1993** - Evidence for general instability of past climate from a 250-kyr ice-core record. *Nature*, **364**, 218-219.
- DUVERNOIS M.P., & GUÉRIN C., 1989** - Les Bovidae (*Mammalia, Artiodactyla*) du Villafranchien supérieur d'Europe occidentale. *Geobios*, **22** (3), 339-379.
- DUVERNOIS M.P., 1990** - *Les Leptobos (Mammalia, Artiodactyla) du Villafranchien d'Europe occidentale. Systématique - Evolution - Biostratigraphie - Paléoécologie*. Documents des Laboratoires de Géologie de Lyon, **113**, 213 p.
- FAURE M., GUÉRIN C., DELSON E., & coll., 2005** - Rapport 2005 sur l'opération de fouille programmée annuelle dans le gisement paléontologique villafranchien supérieur de Senèze à Domezrat, Haute-Loire. *Rapport DRAC-Auvergne*, 83 p. (inédit).
- FOURIS M., CANTAGREL J.M., POIDEVIN J.L., & MERGOIL J., 1991** - Le Plio-Pléistocène du Velay : volcanologie et chronologie K/Ar des gisements fossilifères, données actuelles, problèmes et hypothèses. *Cahiers du Quaternaire*, **16**, 401-416.
- GLIOZZI E., ABBAZZI L., ARGENTI P., AZZAROLI A., CALOI L., CARPASSO BARBATO L., Di STEFANO G., ESU D., FICCARELLI G., GIROTTI O., KOTZAKIS T., MASINI F., MAZZA P., MEZZABOTA C., PALOMBO M.R., PETRONIO C., ROOK L., SALA B., SARDELLA R., ZANALDA E., & TORRE D., 1997** - Biochronology of selected Mammals, Molluscs and Ostracods from the Middle Pliocene to the Late Pleistocene in Italy. The state of the art. *Rivista Italiana de Paleontologia e Stratigrafia*, **103** (3), 369-388.
- GUÉRIN C., 1980** - *Les rhinocéros (Mammalia, Perissodactyla) du Miocène terminal au Pléistocène supérieur en Europe occidentale. Comparaison avec les espèces actuelles*. Documents des Laboratoires de Géologie de Lyon, **79**, 3 fasc., 1185 p.
- GUÉRIN C., 1982** - Première biozonation du Pléistocène européen, principal résultat biostratigraphique de l'étude des Rhinocerotidae (*Mammalia, Perissodactyla*) du Miocène terminal au Pléistocène supérieur d'Europe occidentale. *Geobios*, **15** (4), 593-598.
- GUÉRIN C., MOURER-CHAUVIRÉ C., BALLESIO R., FAURE M., & DEBARD E., 1983** - Biostratigraphie comparée des faunes de grands mammifères et d'oiseaux du Pléistocène moyen et supérieur en Europe occidentale et en URSS d'Europe. *Bulletin de l'Association Française pour l'Etude du Quaternaire*, **14/15** (2/3), 133-144.
- GUÉRIN C., 1987** - Biochronologie. In J.C. Miskovsky & coll., *Géologie de la préhistoire : méthodes, techniques, applications*. Géo-pré édit., Paris, 931-935.
- GUÉRIN C., 1989** - Biozones or mammal units ? Methods and limits in biochronology. In E.H. Lindsay, V. Fahlbusch & P. Mein (ed.), *NATO symp. European Neogene Mammal Chronology*. Plenum Press Ed., New York, 119-130.
- GUÉRIN C., & FAURE M., 1991** - Biochronologie et datations absolues : convergence de méthodes dans différents sites du Paléolithique ancien. *Revue d'Archéométrie*, **15**, 41-46.
- GUÉRIN C., EISENMANN V., & FAURE M., 1993** - Les grands mammifères du gisement pléistocène moyen de Latamné (vallée de l'Oronte, Syrie). In P. Sanlaville, J. Besançon, L. Copeland & S. Muhesen (ed.), *Le Paléolithique de la vallée moyenne de l'Oronte (Syrie), peuplement et environnement*. British Archaeological Reports (BAR) International Series 587, Tempus Reparatum Ed., Oxford, 169-178.
- GUÉRIN C., & PATOU-MATHIS M. (ed.), 1996** - *Les grands mammifères plio-pléistocènes d'Europe*. Masson, Paris, 291 p.
- GUÉRIN C., 1998** - Mammifères, datations et paléoenvironnements en Préhistoire. *Quaternaire*, **9** (4), 249-260.
- GUÉRIN C., 2002** - Biochronologie. In J.C. Miskovsky (ed.), *Géologie de la Préhistoire, méthodes, techniques, applications*. Géo-pré édit., Maison de la Géologie, Paris, 1079-1084.
- GUÉRIN C., 2004** - Les Proboscidiens (*Mammalia*) du gisement villafranchien moyen de Saint-Vallier (Drôme). In M. Faure & C. Guérin (ed.), *Le gisement pliocène terminal de Saint-Vallier (Drôme, France)*. *Geobios*, Mémoire spécial n° 26, vol. **37**, 306-317.
- GUÉRIN C., FAURE M., ARGANT A., ARGANT J., CRÉGUT-BONNOURE E., DEBARD E., DELSON E., EISENMANN V., HUGUENEY M., LIMONDIN-LOZOUET N., MARTIN SUÁREZ E., MEIN P., MOURER-CHAUVIRÉ C., PARENTI F., PASTRE J.F., SEN S., & VALLI A., 2004** - Le gisement pliocène supérieur de Saint-Vallier (Drôme, France) : synthèse biostratigraphique et paléoécologique. In M. Faure & C. Guérin (ed.), *Le gisement pliocène terminal de Saint-Vallier (Drôme, France)*. *Geobios*, Mémoire spécial n° 26, vol. **37**, 349-360.
- HEDBERG H., 1979** - *Guide stratigraphique international. Classification, terminologie et règles de procédure*. Doin, Paris, 233 p.
- HEINTZ E., GUÉRIN C., MARTIN R., & PRAT F., 1974** - Principaux gisements villafranchiens de France : listes fauniques et biostratigraphie. *Mémoires du Bureau de Recherches géologiques et minières*, **78**, t. 1, 169-182.
- LABE B., & GUÉRIN C., 2005** - Réhabilitation de *Mammuthus intermedius* (Jourdan, 1861), un mammoth (*Mammalia, Elephantidae*) du Pléistocène moyen récent d'Europe. *C. R. Palevol.*, **4**, fasc. 3, 235-242.
- LACOMBAT F. (ed.) & coll., 2005** - *Les grands Mammifères fossiles du Velay. Les collections paléontologiques du Plio-Pléistocène du Musée Crozatier - Le Puy-en-Velay*. Annales des Amis du musée Crozatier, **13/14**, 208 p.

- LINDSAY E.H., 1985** - European late Cenozoic biochronology and the magnetic polarity time scale. *National Geographic Society Research Reports-1979 Projects*, 449-456.
- LINDSAY E.H., OPDYKE N.D., & FEJFAR O., 1997** - Correlation of selected late Cenozoic European mammal faunas with the magnetic polarity time scale. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **133**, 205-226.
- LISTER A., 1993** - Mammoths in miniature. *Nature*, **362**, 288-289.
- LISTER A., 1996** - Evolution and taxonomy of Eurasian mammoths. In J. Shoshani & P. Tassy (ed.), *The Proboscidea, evolution and palaeoecology of Elephants and their relatives*, Oxford University Press, 203-213.
- LISTER A., & Van HESSEN H., 2003** - *Mammuthus rumanus* (Stefanescu), the earliest mammoth in Europe. In A. Petculescu & E. Stiuca (ed.), *Advances in Vertebrate Paleontology*. « Hen to Panta », Bucarest, 47-52.
- LISTER A., SHER A.V., Van HESSEN H., & WEI G., 2005** - The pattern and process of mammoth evolution in Eurasia. *Quaternary International*, **126-128**, 49-64.
- MARKOV G.N., & SPASSOV N., 2003** - Primitive mammoths from Northeast Bulgaria in the context of the earliest mammoth migrations in Europe. In A. Petculescu & E. Stiuca (ed.), *Advances in Vertebrate Paleontology*. « Hen to Panta », Bucarest, 53-58.
- MEIN P., 1975** - Résultats du groupe de travail des Vertébrés. Report on activity on the RCMNS working group (1971-1975). *IUGS, regional committee on Mediterranean Neogene stratigraphy*, 78-81.
- MEIN P., 1989** - Updating of MN zones. In E.H. Lindsay, V. Fahlbusch & P. Mein (ed.), *NATO symp. European Neogene Mammal Chronology*. Plenum Press Ed., New York, 73-90.
- MEIN P., 2000** - La biochronologie des Mammifères néogènes d'Europe. L'échelle MN, son application à la succession des faunes du Portugal. *1^o Congresso sobre o Cenozoico de Portugal*, Universidade Nova de Lisboa, Monte de Caparica, 297-304.
- MARSHALL L.G., BERTA A., HOFFSTETTER R., PASCUAL R., REIG O.A., BOMBIN M., & MONES A., 1984** - Mammals and stratigraphy : Geochronology of the continental mammal-bearing Quaternary of South America. *Palaeovertebrata*, Mém. extra., 1-76.
- METZ-MULLER F., 2000** - *La population d'Anancus arvernensis (Proboscidea, Mammalia) du Pliocène de Dorkovo (Bulgarie) ; étude des modalités évolutives d'Anancus arvernensis et phylogénie du genre Anancus*. Thèse Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, 2 vol., 306 p. (inédit).
- MOURER-CHAUVIRÉ C., PHILIPPE M., QUINIF Y., CHALINE J., DEBARD E., GUÉRIN C., & HUGUENEY M., 2003** - Position of the palaeontological site Aven I des Abîmes de La Fage, at Noailles (Corrèze, France), in the European Pleistocene chronology. *Boreas*, **32**, 521-531.
- PALOMBO M.R., AZANZA B., & ALBERDI M.T., 2000-2002** - Italian mammal biochronology from the latest Miocene to the Middle Pleistocene : a multivariate approach. *Geologica Romana*, **36**, 335-368.
- PICKFORD M., 1990** - Uplifts of the Roof of Africa and its bearing on the evolution of Mankind. *Human Evolution*, **5**, n° 1, 1-20.
- PILLANS B., & NAISH T., 2004** - Defining the Quaternary. *Quaternary Science Review*, **23**, 2271-2282.
- POIDEVIN J.L., CANTAGREL J.M., & G.U.E.R.P.A., 1984** - Un site unique du Plio-Pléistocène en Europe : le Plateau de Perrier (Puy-de-Dôme). Confrontation des données volcanologiques, stratigraphiques et paléontologiques. *Revue des Sciences Naturelles d'Auvergne*, **50**, 87-95.
- RAT P., 1980** - Méthodologie stratigraphique et Quaternaire. In J. Chaline (ed.), *Problèmes de stratigraphie en France et dans les pays limitrophes*. Bull. AFREEQ, Paris, N.S., n° 1, 4-14.
- REMANE J., & MICHELSEN O., 1999** - On the vote to demand to lower the Plio-Pleistocene boundary. *Neogene Newsletter* (Subcomm. Neogene Stratigraphy, IUGS) **6**, 9-14.
- RISER J., & coll., 2001** - *Quaternary geology and the environment*. Springer & Praxis Publishing, Chichester, 290 p.
- SAVAGE D.E., & CURTIS G.H., 1970** - The Villafranchian stage-age and its radiometric dating. *Special Papers, Geological Society of America*, **124**, 207-231.
- TCHERNOV E., GUÉRIN C., & coll., 1986** - Conclusion sur la faune du gisement pléistocène ancien d'Oubeidiyeh (Israël) : implications paléocéologiques, biogéographiques et stratigraphiques. In E. Tchernov, C. Guérin (ed.) & coll., *Les mammifères du Pléistocène inférieur de la vallée du Jourdain à Oubeidiye*. Mémoires et Travaux du Centre de Recherche français de Jérusalem, n° 5, Association Paléorient édit., Paris, 351-398.
- TONNI E.P., NABEL P., CIONE A.L., ETCHICHURY M., TOFALO R., SCILLATO YANE G., SAN CRISTOBAL J., CARLINI A., & VARGAS D., 1999** - The Ensenada and Buenos Aires formations (Pleistocene) in a quarry near La Plata (Argentina). *Journal of South American Earth Sciences*, **12**, 273-291.
- TONNI E.P., 2004** - Los mamíferos del Cuaternario de la Argentina. *Ameghiniana*, **41** (4), Suplemento, 2004-Resúmenes, 30 R.
- VANDENBERGHE J., 2000** - A global perspective of the European chronostratigraphy for the past 650 ka. *Quaternary Science Review*, **19**, 1701-1707.
- VARTANYAN S., GARUTT V.E., & SHER A.V., 1993** - Holocene dwarf mammoths from Wrangel Island in the Siberian Arctic. *Nature*, **362**, 337-340.

