

## La biochronologie des Mammifères néogènes d'Europe L'échelle MN, son application à la succession des faunes du Portugal

Pierre Mein

Centre des Sciences de la Terre, Université Lyon I, Bd. du 11 Novembre, 69621 Villeurbanne, France

### ABSTRACT

**Key-words :** MN Zonation; Neogene; Mammals; Biochronology; Eurasia.

Similarly to other organisms, Vertebrates changed during the Cenozoic Era. Mammals are the only ones to change quickly; their well mineralised bones and teeth are often fossilised. They are highly diverse and even isolated teeth can be identified. They are thus a good tool for establishing a biochronological framework. Among Mammals, Rodents with a short lifetime evolve more quickly than the large Mammals.

In Europe, the first elaborated zonation was investigated by the Regional Committee on Neogene Stratigraphy and issued as the MN Zonation (Mammals Neogene) by Mein, 1976. During the following years, progress in knowledge led to new charts. The latest one resulted from collective work (de Bruijn *et al.*, 1992).

Biochronology gives relative data ; if we desire to have numerical age estimates, we must correlate these results with radiometric data, marine biostratigraphical units or the Geomagnetic Polarity Time Scale. For Europe, these results are summarised by Steininger *et al.* (1989 - 1996) and Steininger (1999).

After some recent developments on MN Zonation, here is discussed the succession of Neogene small mammals Portuguese localities. Fortunately these localities are in majority in marine context. Their assignment to MN Zones is proposed and correlations with the Spanish Aragonian Scale (Daams *et al.*, 1999) are also suggested. In fact, some differences appear between Portugal and Aragonian assemblages, probably for ecological reasons.

Therefore, the MN zonation is always useful for short and long distance biochronological correlations.

### RÉSUMÉ

**Mots-clés:** Zonation MN; Néogène; Mammifères; Biochronologie; Eurasie.

Comme d'autres organismes, les vertébrés ont évolué pendant l'Ère Cénozoïque. Les Mammifères ont été les seuls ayant évolué rapidement; leurs os et dents, bien minéralisés, fossilisent souvent. Ils sont très diversifiés, avec des dents susceptibles d'être identifiées même à l'état isolé. Elles sont par conséquent un outil excellent pour établir un cadre biochronologique. Parmi les Mammifères, les rongeurs, avec de très brèves durées de vie, évoluent plus vite que les Mammifères de grosse taille.

En Europe, la première zonation détaillée, développée par le Regional Committee on Neogene Stratigraphy, a été publiée par Mein (1976) sous la désignation de MN Zonation (Mammals Neogene). À la suite, le progrès des connaissances a amené à de nouveaux tableaux, le dernier desquels est le résultat d'un travail collectif (de Bruijn *et al.*, 1992).

La Biochronologie fournit des données relatives; si nous souhaitons des estimatives d'âge numérique, il faut corréler les résultats biochronologiques avec des données radiométriques, des unités biostratigraphiques marines ou avec l'échelle chronologique basée sur la polarité géomagnétique. Un sommaire de ces résultats a été présenté par Steininger *et al.* (1989 - 1996) et Steininger (1999).

Compte-tenu de quelques développements récents concernant la Zonation MN, on discute ici la succession des sites portugais à petits Mammifères néogènes. Heureusement, ces sites sont pour la plupart intercalés entre des couches marines. Leur attribution à des zones MN est proposée; on suggère en outre des corrélations avec l'Échelle Aragonienne établie en Espagne par Daams *et al.* (1999). En fait, on a pu reconnaître quelques différences entre les associations portugaises et aragoniennes, probablement par des raisons écologiques.

De cette façon, la zonation MN est toujours utile pour des corrélations biochronologiques, à courte et longue distance.

## INTRODUCTION

De même que l'on a pu établir, à partir des dépôts marins repérés par des variations de la faune (ex.: la biozonation des Ammonites durant les temps secondaires), des chronologies relatives qui permettent de situer les terrains les uns par rapport aux autres dans une "Histoire géologique", l'étude des Mammifères représentés dans les formations continentales du Néogène a permis de commencer à établir des échelles biochronologiques. Les difficultés sont très grandes, car les dépôts continentaux sont toujours limités dans le temps et dans l'espace, les fossiles souvent peu fréquents et très localisés. Les Mammifères, bien diversifiés à cette époque, peuvent constituer de bons marqueurs car leurs dents déjà fortement minéralisées se fossilisent facilement et, de plus, sont très variées en fonction de l'alimentation. Les Rongeurs, animaux généralement de petite taille avec une vie relativement courte, montrent la plupart du temps une évolution rapide et pourront de ce fait constituer des bases intéressantes pour une biochronologie.

### I - HISTORIQUE DE L'ÉTABLISSEMENT DE L'ÉCHELLE BIOCHRONOLOGIQUE MN

L'échelle biochronologique des Mammifères néogènes d'Europe fut adoptée au 6<sup>ème</sup> congrès du R.C.M.N.S à Bratislava en 1975; baptisée Echelle MN (pour Mammifères Néogènes) ou parfois N.M.U (Neogene Mammal Unit), elle comporte 17 intervalles avec la possibilité de subdivision de chaque unité en deux sous-unités.

L'originalité de cette zonation réside dans le choix d'un grand nombre de paramètres paléontologiques. Trois paramètres ont été retenus à l'origine pour définir une zone:

- l'existence de formes caractéristiques à durée de présence très brève qui correspondent souvent à un stade évolutif particulier au sein d'une lignée anagénétique,
- les associations de deux ou plusieurs genres dont l'occurrence simultanée est très courte,
- les premières apparitions.

Très rapidement, chaque zone fut reliée à une localité de référence et d'autres critères furent pris en compte, telles les dernières présences de certains taxa, puis, la faune complète de la localité de référence et les genres communs durant la période étudiée (pour plus de précision sur la méthode, voir Mein, 1999 b).

Parallèlement et dès le début de leur utilisation, les unités MN ont été regroupées en unités plus longues appelées âges mammaliens (Fahlbusch, 1976); Steininger (1999), tout en les prenant en considération, propose de les nommer ELMMZ (European Land Mammal Mega Zones), les MN Zones sont alors considérées comme des biozones. Les références des principaux travaux qui ont discuté cette zonation sont citées dans Daams *et al.* (1999) et dans Mein (1999a et b). La valeur biostratigraphique de l'échelle MN a également été testée et reconnue valable par Alroy *et al.* (1998).

Pour que cette zonation reste valable à l'échelle du continent européen et même eurasiatique, il a fallu trouver des unités relativement longues, si bien que la subdivision des zones a été généralement abandonnée, sauf pour la zone MN2. En revanche, les zones MN 7 et MN 8 ont été regroupées en zone MN 7+8, en grande partie parce que la localité-type qui avait été choisie pour la zone 8 s'est révélée d'un âge trop voisin de celui de La Grive- M; dans l'avenir, il est possible qu'une nouvelle localité soit choisie, probablement dans le Vallès-Penedès qui permettrait de retrouver la discrimination première en deux zones.

Agusti (1999) a justement fait remarquer qu'une forme qui vient de migrer est identique sur une très vaste superficie, voire même à l'échelle d'un continent (c'est le cas, par exemple, de *Megacricetodon collongensis*); par la suite, si cette forme perdure, elle évoluera en donnant des formes dont l'extension géographique diminuera au cours du temps, jusqu'à devenir endémique pour un bassin donné. C'est ainsi que le nombre d'espèces référées à un genre donné augmentera au fil du temps en même temps que les difficultés à établir des corrélations précises entre les bassins.

La composition d'une faune de Mammifères dépend toujours des conditions climatiques, donc de sa situation géographique: en Europe, l'Ouest est plus humide et l'Est plus sec; elle dépend de la même manière de la latitude: les faunes espagnoles renferment davantage de formes adaptées à la chaleur que les faunes françaises; enfin, plus rarement, on a pu mettre en évidence une influence de l'altitude: dans le gisement Turolien de Cerdagne, Can Vilella, la faune présente indique une humidité plus marquée et une température moindre que dans les faunes espagnoles de même âge (Agusti, 1999).

Au début de l'élaboration de cette échelle, les événements faunistiques étaient supposés se produire en début de zone pour les premières présences et en fin de zone pour les extinctions. En fait, ces événements ne sont pas parfaitement synchrones à l'échelle de l'Europe et dès 1992 (de Bruijn *et al.*) il devint possible d'établir des distinctions dans les extensions chronologiques des taxa entre l'Europe de l'Ouest et l'Europe centrale. Des événements peuvent se produire, dans certaines régions, en milieu de zone: c'est ainsi que la coprésence d'*Hispanotherium* et *Cricetodon* est censée caractériser la zone MN 5; en fait, en Espagne, le premier s'éteint avant l'arrivée du second et pratiquement, l'apparition d'une seule des deux espèces suffit pour repérer MN 5.

Si la zonation MN a été établie volontairement sur de larges portions de temps sans trop se préoccuper des limites de zones, c'est parce qu'elle se voulait applicable à de grands espaces. Peu à peu, des zonations plus fines à l'échelle d'un bassin, se sont multipliées et permettent d'établir localement des chronologies relatives très précises. Dans certaines régions privilégiées, comme les bassins internes d'Espagne, la succession stratigraphique de plusieurs faunes superposées a permis de repérer précisément des limites entre les zones.

Un des corollaires de la zonation MN a donc été de permettre le passage à la chronostratigraphie. En effet, dans

les bassins continentaux endoréiques d'Espagne, les gisements fossilifères sont suffisamment nombreux pour corréler les différentes sections d'un bassin et permettre l'établissement d'une carte géologique. C'est ainsi que des étages continentaux ont été proposés: Ramblien, Aragonien, Turolien, Alfambrien, qui établissent ainsi une chronologie. Steininger (1999), tout en insistant sur les différences entre les unités biochronologiques et les étages chronostratigraphiques, reconnaît la valeur et l'intérêt des ces étages continentaux à valeur locale.

Avant l'utilisation de l'échelle MN, l'apparition de certaines formes avait déjà servi à définir des repères chronologiques. Ces repères connus ont été tout naturellement choisis pour marquer le début de certaines zones; c'est ainsi que MN 9 débute avec la première occurrence (F.A.D. = first apparition Datum) de *Hippotherium* (*Hipparion*), car cette F.A.D. servait déjà à repérer le passage du Miocène moyen au Miocène supérieur. Mais les choses se compliquent si, dans un lieu donné, plusieurs formes semblent avoir des premières occurrences simultanées, car il est très probable que ces migrations ne soient pas exactement synchrones sur toute l'Europe; le début de la zone MN4, par exemple, semble caractérisé par des premières apparitions multiples: *Democricetodon*, *Gomphotherium*, *Zygodon*, *Dorcatherium*, *Eotragus*. Pour définir une limite inférieure, il faudra donc faire un choix et il est à peu près certain que cette limite ne sera pas exactement synchrone sur toute l'Europe. Actuellement, les spécialistes de rongeurs choisissent l'arrivée de *Democricetodon* pour cette limite.

Un manière de lever les ambiguïtés serait de calibrer cette échelle par des corrélations avec d'autres échelles chronologiques dont certaines sont numériques.

## II - LA CALIBRATION DE ÉCHELLES BIOCHRONOLOGIQUES MAMMALIENNES

Actuellement, plusieurs techniques permettent des essais de corrélation de ces différentes échelles relatives avec le temps absolu, ce qui aboutit à une calibration de ces échelles.

### A - Corrélation avec les niveaux marins

Les échelles continentales datent les faunes d'une manière relative avec des repères qui ne sont pas familiers aux géologues des sédiments marins. Dès les années 80, des efforts furent mis en œuvre pour relier ces échelles mammaliennes aux chronologies établies à partir des niveaux marins, ce qui a permis de les caler par rapport aux événements globaux et de les dater numériquement.

La première possibilité est de chercher des restes de mammifères dans les niveaux marins répertoriés. Cette éventualité est possible dans les sédiments littoraux. C'est ainsi que les travaux d'Aguilar (1981) sur le Néogène du Languedoc ont pu apporter quelques informations. Il en est de même pour les synthèses de Steininger *et al.* (1989; 1996). Malheureusement, les restes de mammifères trouvés en milieu marin sont très rares, parfois remaniés;

de plus, les couches marines littorales sont généralement dépourvues de bons marqueurs stratigraphiques tels que les Foraminifères planctoniques; aussi les corrélations restent-elles peu précises.

Une deuxième possibilité est de travailler sur des séries épaisses présentant une succession de niveaux marins alternant avec de bons niveaux à mammifères. Ce cas favorable est parfois réalisé sur la côte atlantique du Portugal, pour les terrains miocènes. Grâce à sa façade atlantique entaillée largement par l'estuaire du Tage, on peut trouver au Portugal des dépôts marins renfermant d'excellents marqueurs biostratigraphiques (foraminifères planctoniques, ostracodes) alternant avec des couches regressives riches en mammifères. On a ainsi pu établir pour ce lieu particulier une synthèse du Miocène avec de surcroît des âges isotopiques (Antunes *et al.*, 1999).

Une dernière possibilité a été d'employer une échelle -relai, "corrélable" à la fois avec les niveaux marins et avec les niveaux continentaux. Une telle opportunité est offerte par les échelles palynologiques, qui peuvent permettre de relier un niveau marin bien daté à un niveau continental fossilifère distant de 50 à 200 km (Suc, 1987).

### B - Les datations radiométriques

Ces techniques ont fait de grands progrès depuis 30 ans et permettent actuellement d'obtenir de bons résultats avec de faibles quantités de matériel. Après avoir, dans le Cénozoïque, travaillé sur le rapport Potassium-Argon (K/Ar) utilisable sur des roches volcaniques broyées, on est passé à l'utilisation du rapport  $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$  qui peut se mesurer sur un seul cristal de feldspath. Les possibilités sont intéressantes, mais malheureusement les gisements de Mammifères contemporains d'éruptions volcaniques sont rares sauf en Afrique de l'Est dans le Rift et les résultats généralement obtenus seront une approximation: tel gisement a un âge < à X millions d'années (Ma), ou son âge est compris entre X et Y Ma.

D'autre part, la datation des niveaux marins (et, si des corrélations directes sont possibles, la datation de niveaux continentaux intercalés, comme dans le bassin du Bas Tage) a progressé d'une façon spectaculaire grâce à la méthode basée sur les isotopes du Strontium.

### C - L'échelle paléomagnétique

Depuis sa première application (Cox, 1969), jusqu'au travail de Cande & Kent (1995), cette technique est devenu plus performante: la succession des périodes de magnétisme normaux et inverses a été étalonnée par des sondages sur les plateaux océaniques en expansion, éventuellement complétés par l'astrochronométrie.

Il y a deux manières d'employer le paléomagnétisme appliqué à la datation des gisements de mammifères:

- ou bien, la faune est contenue dans un sédiment peu épais et la magnétostratigraphie ne pourra donner que le sens de la polarité; ce sens rapproché de l'âge paléontologique supposé permettra souvent de le



préciser (Pevzner & Vangengeim, 1993, sur des sédiments en milieu littoral).

- ou bien, on bénéficie de longues séries tabulaires, à sédimentation continue, et la mesure des épaisseurs des dépôts entre chaque inversion paléomagnétique comparée à l'échelle étalonnée aboutira directement à une datation. Ce cas est traité par Lindsay *et al.* (1997), qui reprennent le travail d'une section du 14<sup>ème</sup> Congrès de l'INQUA (Berlin, 1995) intitulé "Correlation of Eurasian Late Cenozoic Mammal Chronology with the Magnetic Polarity Time". Les séries utilisées proviennent du Pakistan et de l'Espagne.

En Espagne, deux exemples particulièrement intéressants ont été élaborés: celui du Vallésien du Vallès-Penedès (Agusti *et al.*, 1997) et celui de la zonation de l'Aragonien d'Espagne. Cette dernière a été établie dès 1987 par Daams & Freudenthal, uniquement à partir de la succession des faunes de Rongeurs conservés dans les sections stratifiées du bassin de Calatayud-Daroca; complétée au cours de ces dernières années, elle est actuellement fondée sur près de 200 gisements à petits mammifères et une quarantaine de gisements comportant aussi des grands mammifères (Daams *et al.*, 1998, Morales *et al.*, 1999). Cette échelle locale exprimée par une succession de zones repérées par les lettres de B à G, avec des subdivisions nombreuses (4 pour la zone D, par exemple) recoupe les limites admises des zones MN. Ce fait est très intéressant car, dans la dernière version (Daams *et al.*, 1999), les résultats de la calibration avec l'échelle géomagnétique permettent de proposer des âges pour les gisements et des dates pour les limites de zone.

Ces dates extrêmement précises pour le bassin de Calatayud - Daroca sont probablement moins valables à une plus grande échelle. En effet, la transposition à d'autres bassins reste difficile: ailleurs, le matériel paléontologique est rarement aussi abondant; de plus, dans le bassin de Calatayud - Daroca certaines sous-zones sont caractérisées par des espèces non encore décrites (par ex: *Democricetodon* sp.1 - sp.2 - *Megacricetodon* sp.) et ne peuvent donc donner lieu à des comparaisons précises. *Il y a donc encore du travail pour la paléontologie classique qui est, parfois trop vite, remplacée par l'étude sur l'ordinateur de listes fauniques sans réexamen des formes fossiles.*

Ainsi, les datations numériques des unités mammaliennes n'ont pu être élaborées que grâce à des sections lithologiques calibrées par la magnétostratigraphie, la datation isotopique ou l'intercalation de niveaux marins. Les chiffres publiés ont beaucoup varié au cours de ces dernières années.

En comparant les deux dernières séries numériques parues à ce jour (celle de Steininger, 1999; et celle de Daams *et al.*, 1999, associée à celle de Van Dam, 1997, pour le Miocène supérieur), on constate qu'il apparaît une concordance complète pour certaines limites:

- Limite inférieure du Néogène (base MN1) - 23,8 Ma
- Limite Miocène moyen - Miocène supérieur (base MN 9) - 11,1 Ma

- Limite Mn 9 - MN 10 - 9,7 Ma
- Limite Vallésien - Turolien (MN 10/11) - 8,7 Ma.

Cependant de profondes divergences demeurent dans le Miocène moyen, avec un écart record de plus de 3 Ma pour la limite MN 5- MN 6.

### III - MISE À JOUR DE LA ZONATION MN DES GISEMENTS PORTUGAIS COMPORTANT DES RONGEURS

La plupart des sites portugais (partie distale du bassin du Bas Tage, à Lisbonne et la Péninsule de Setúbal) sont intercalés dans des sédiments marins côtiers. Ils sont généralement pauvres, renfermant souvent des dents corrodées et roulées; les trouvailles de grands mammifères restent isolées. De ce fait, le positionnement paléontologique des localités reste souvent difficile, par manque de matériel suffisant (alors que leur position stratigraphique est connue d'une façon très précise). Ces difficultés entraînent la nécessité de révisions fréquentes.

La comparaison avec les deux bassins espagnols très fossilifères (faunes continentales) que sont le Vallès - Penedès et le bassin de Calatayud - Teruel fait apparaître des différences dans les moments d'apparition et d'extinctions des taxa. C'est ainsi que le Cricetidae *Melissiodon* perdure plus longtemps que dans les deux autres bassins.

Le gisement du KM 10 (Antunes & Mein, 1992) a été attribué à l'unité MN 3. Compte-tenu de la présence de *Lagopsis spiracensis* et de sa situation stratigraphique, ce site appartient vraisemblablement au sommet de l'unité MN 2, correspondant à la base de l'unité ibérique Z. L'absence étonnante de tout Cricétidé dans ce gisement a probablement une raison écologique.

Les gisements de Universidade Católica et Avenida do Uruguay présentent une faune de Rongeurs qui appartient bien à un niveau ancien de l'unité MN 3 correspondant à la partie supérieure de l'unité ibérique Z.

Le petit gisement de Cristo Rei (Antunes *et al.*, 1999) renferme des Rongeurs présents, dans d'autres gisements, en MN 3 et MN 4; en l'absence des Cricétidés typiques de MN 4 (*Democricetodon* et *Megacricetodon*) son âge paléontologique pourrait se raccorder à MN 3; cependant stratigraphiquement, ce site est placé au-dessus de localités à grands Mammifères comme Quinta do Narigão, Areeiro da Barbuda, Quinta da Noiva qui renferment déjà les migrants *Dorcatherium*, *Gomphotherium* et *Eotragus* qui appartiennent à MN 4. Il faut noter que l'on connaît par ailleurs des gisements ibériques qui associent des Rongeurs MN 3 à de grands mammifères MN 4; c'est le cas à Moli Calopa, Rubielos de Mora, San Andreu de la Barca (Agusti, 1999). Ces gisements portugais et ibériques pourraient avoir un âge numérique très proche de la limite MN 3 / MN 4 (limite A/B) estimée à - 17,0 Ma en Aragon (Daams *et al.*, 1999).

La formation Va 2 de Lisbonne renferme plusieurs localités à grands mammifères et deux gisements qui ont livré à la fois des grands et des petits Mammifères; il s'agit

de Quinta do Pombeiro et Quinta das Pedreiras (Antunes & Mein, 1971; Antunes, 1999) ; dans cette faune, a été décrit un Gliridae nouveau: *Praearmantomys ginsburgi* que Daams & de Bruijn (1994) font tomber en synonymie devant *Praearmantomys crusafonti*. Il semble que la forme portugaise contemporaine de la forme castillane semble constituer au moins un vicariant, car les morphologies du maxillaire et de la  $M_3$  trouvées ne rentrent pas dans les limites de la variabilité observée en Espagne. En 1971, un grand écureuil terrestre avait été attribué à *Heteroxerus* cf. *grivensis*; il s'agit, en réalité, d'*Atlantoxerus blacki* de Bruijn, 1966. Daams *et al.* (1999) font tomber *Megacricetodon primitivus* en synonymie, au profit de *Megacricetodon collongensis*. Ces gisements de la zone MN 4 appartiennent plus précisément à la zone C de la biochronologie ibérique.

La formation Vb inférieure de Lisbonne renferme une localité à petits Mammifères: Chelas 1 (Aguilar, 1981; Antunes, 1996). En l'absence de *Ligerimys*, indicateur de MN 4 et de *Pseudofahlbuschia* normalement présent dans une partie de MN 5, ce petit gisement est difficile à situer par rapport à la limite MN 4/MN 5. La forme la plus abondante et, en même temps, la plus caractéristique est un Cricetidae, très semblable à celui de Caseton en Espagne, décrit par Freudenthal & Daams (1988) comme un petit *Fahlbuschia kænigswaldi*. Daams *et al.* (1999) considèrent que *Fahlbuschia kænigswaldi* est une forme plus grande et plus récente et nomment la première forme *Democricetodon* sp. Chelas I pourrait donc appartenir comme Caseton à la subdivision Db (début de MN 5).

Le niveau V b supérieur de Lisbonne renferme le petit gisement de Chelas 2 (Antunes, 1996) avec le *Pseudofahlbuschia jordensi* qui a une extension temporelle très courte et caractérise la sous-zone ibérique Dc de la zone MN 5. Ce gisement a livré une dent de *Melissiodon* qui constitue la dernière présence européenne de ce genre et qui montre l'endémisme de l'aire portugaise à ces époques.

Le gisement d'Amor (dans l'aire du diapyr de Leiria, et hors du bassin du Bas Tage) présente une forme caractéristique de la sous-zone Dd: *Fahlbuschia freudenthali* associée aux derniers représentants du genre *Hispanotherium* (Antunes, 1996). En 1981, Antunes & Mein avaient pensé pouvoir déterminer un fragment de dent comme appartenant au genre *Cricetodon*, ce qui aurait rajeuni le gisement jusqu'à le placer dans la zone E; cette détermination est probablement erronée comme l'ont suggéré Meulen & Daams (1992), *Hispanotherium* ne coexistant pas avec *Cricetodon* en Espagne. La présence d'un *Cainotherium* éteint en Espagne en E plaide, également, en faveur de la zone ibérique D.

À l'intérieur du bassin du Bas Tage (et dans un contexte presque entièrement continental), les gisements de Póvoa de Santarém, Pero Filho et Chões (Antunes & Mein, 1977) sont des gisements d'âge MN 6, ce qui correspond à la zonation ibérique G 2. Dans le gisement de Pero Filho, une espèce nouvelle de Gliridé a été décrite: *Paraglrulus scalabicensis*. Actuellement, le nom de *Paraglrulus* est réservé à la lignée de *P. werenfelsi*, les autres petits Gliridés sont rapportés au genre *Glirulus*; la nouvelle espèce serait

donc *Glirulus scalabicensis*. Daams & de Bruijn (1994) considèrent cette espèce comme synonyme récent de *Microdyromys complicatus*. On ne peut suivre cette proposition car l'endolophe de *G. scalabicensis* est discontinu et le parolophe très oblique. Cette forme, qui se distingue aussi des petits *Glirudinus* par la concavité de la couronne, doit donc être appelée *Glirulus scalabicensis*. Cette forme non retrouvée en Espagne est probablement apparentée à *Glirulus diremptus* d'Europe Centrale.

Le petit gisement de Cerrado da Pedra près d'Alcácer do Sal, dans des sédiments marins (Antunes & Mein, 1983) marque le sommet du Miocène moyen ce qui correspond à la zone ibérique G 3. Dans la liste faunique de ce gisement, se trouve un Gliridae non signalé dans les faunes espagnoles, *Miodyromys hamadryas* (Major, 1899); on trouve par contre en Espagne, sous le nom de *Myomimus dehmi* (de Bruijn, 1966), une forme vraisemblablement identique.

Le gisement d'Azambujeira inférieur (Santarém), étudié par Antunes *et al.* (1983), marque la transition avec le Miocène supérieur; il est attribué à l'unité MN 9 (= H). Ce site, qui présente un *Anchitherium*, n'a pas livré le moindre reste d'*Hipparion*. De plus, le Castoridae déterminé comme *Chalicomys jaegeri* est en réalité une forme sans cément de *Steneofiber* cf. *depereti* (Hugueney, 1999). Cette faune se trouverait donc placée juste avant l'arrivée de l'*Hipparion* qui sert de marqueur au début du Vallésien soit sur la limite MN 8/9 ou G 3/H à 11,1 Ma.

Les petits gisements de Freiria de Rio Maior et d'Asseiceira (Antunes *et al.*, 1993) sont de même âge et correspondent à MN 10 (J 1 de Van Dam, 1997); ils renferment le plus ancien Muridae européen: *Occitanomys hispanicus* (Michaux, 1971).

Au Sud (région de Alentejo) les gisements du bassin d'Alvalade: Esbarrondadoiro, Santa Margarida do Sado et Vale de Zebro (Antunes & Mein, 1995) sont en relation avec les dépôts marins du Miocène terminal; là encore, l'association rencontrée ne se rencontre pas en Espagne; on y trouve à la fois *Apodemus gudrunae*, forme typique du Miocène terminal (MN 13) et deux Muridae du genre *Paraethomys* dont la coexistence indique le Pliocène inférieur. Ces gisements renferment également un Muridé non rencontré en Espagne: *Castillomys margaritae* qui, de plus, est la forme la plus ancienne de ce genre. Ces sites pourraient donc être placés sur la limite MN13/MN 14, estimée par Opdyke *et al.* (1997) à 4.9 Ma.

Aucune faune mammalienne correspondant à un Pliocène plus récent n'a été récoltée hormis quelques indices d'un Pliocène terminal dans la région de Rio Maior.

En résumé, malgré les difficultés liées à l'exigüité de certains gisements, leur aspect discontinu, leur faible densité en fossiles, les sites miocènes du Portugal sont fondamentaux - car, parfois intercalés dans des sédiments marins, suffisamment proches des riches gisements ibériques, ils permettent d'établir des corrélations avec d'autres échelles chronologiques. De plus, leur originalité est de montrer deux phénomènes évolutifs particuliers; d'une part, ce "grand Ouest" européen a servi de refuge: certains genres tels les *Melissiodon* ont perduré bien après leur disparition des zones plus orientales. Ils montrent d'autre part des phénomènes de vicariance qui, à partir



des souches ibériques, ont isolé des formes endémiques telles que *Praearmantomys ginsburgi*, *Glirulus scalabicensis*, *Castillomys margaritae*.

## CONCLUSIONS

La zonation MN date actuellement de 25 ans. Plusieurs fois remise à jour et discutée entre les chercheurs, elle a déjà été corrélée avec des échelles variées qui permettent parfois de donner un âge numérique à certaines de ses limites de zones; elle peut être utilisée jusqu'en Chine (Qiu *et al.*, 1999). Parmi les critères paléontologiques utilisés, ce sont les premières occurrences (F.A.D.), témoins des migrations de faune, qui sont les plus utiles pour établir des corrélations à longue distance; elle semble, en effet,

être liées à des variations climatiques résultant de phénomènes océaniques globaux.

Si, malgré les mises à jour périodiques, cette zonation ne peut rivaliser en précision avec les zonations et subdivisions locales fondées sur de riches informations régionales, elle reste néanmoins un passage obligé pour établir les corrélations des bassins régionaux entre eux, et surtout avec les gisements situés à longue distance. Un exemple parlant en est donné par un article, non encore publié (proposé par Pickford & al., 2000), qui établit des corrélations dans la zone MN 6 entre Sansan (France), Belometcheskaya (Géorgie), Pasalar et Çandır (Anatolie), Chinji (Pakistan) et Fort Ternan (Kenya).

Cette zonation reste donc un outil, certes imparfait, mais toujours utile à l'établissement de larges corrélations biochronologiques.

## BIBLIOGRAPHIE

- Aguilar, J.-P. (1981) - Evolution des Rongeurs Miocènes et Paléogéographie de la Méditerranée occidentale. Doctorat ès Sciences, 205 p., Université de Montpellier.
- Agusti, J. (1999). - A critical reevaluation of the Miocene mammal units in Western Europe: dispersal events and problems of correlation. The evolution of Neogene Terrestrial Ecosystems in Europe, J. Agusti, L. Rook, & P. Andrews eds., Cambridge University Press, Cambridge: 84-112.
- Agusti, J., Cabrera, L., Garcés, M., & Pares, J. M. (1997) - The Vallesian mammal succession in the Valles-Penedes basin (Northeast Spain): Palaeomagnetic calibration and correlation with global events. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, Amsterdam, 133 (3-4): 149-180.
- Alroy, J., Bernor R.L., Fortelius, M., & Werdelin L. (1998) - The MN System: Regional or Continental? *Mitteilungen der Bayerischen Staatssammlung für Paläontologie und historische Geologie*. München, 38: 243-250.
- Antunes, M. T. (1996) - Mammals from lower to middle Miocene of the lower Tagus basin. *Géologie de la France*, n°4: 71-73.
- Antunes, M. T., Elderfield, H., Legoinha, P., Nascimento, A., & Pais, J. (1999) - A stratigraphic framework for the Miocene from the lower Tagus basin (Lisboa, Setúbal Peninsula, Portugal) Biostratigraphy and isotopic ages. *Rev. Soc. Geol. España*, 12 (1): 3-15.
- Antunes, M. T., & Mein, P. (1971) - Notes sur la géologie et la paléontologie du Miocène de Lisbonne IX. Rongeurs et insectivores (Burdigalien inférieur et Helvétien inférieur). *Revista da Faculdade de Ciências de Lisboa*, 16 (2): 327-349.
- Antunes, M. T., & Mein, P. (1992). Les plus anciens mammifères terrestres du Miocène marin de Lisbonne - Le gisement du Km 10. *Ciências da Terra (UNL)*, Lisboa, 11: 127-140.
- Antunes, M. T., & Mein, P. (1995) - Nouvelles données sur les petits Mammifères du Miocène terminal du bassin d'Alvalade, Portugal. *Comun. Inst. Geol. Mineiro*, 81: 85-96.
- Antunes, M. T., Pais, J., Balbino, A., Mein, P., & Aguilar, J. P. (1999) - The Cristo Rei section (Lower Miocene) distal fluvial environments in a marine series, plants, vertebrates and other evidence age. *Ciências da Terra (UNL)*, Lisboa, 13: 141-155.
- Antunes, M. T., Soulié-Marsche, I., Mein, P., & Pais, J. (1992) - Le gisement de Asseiceira, Portugal (Miocène supérieur). Données complémentaires sur Freiria de Rio Maior. *Ciências da Terra (UNL)*, Lisboa, 11: 219-253.
- Antunes, T., Ginsburg, L., & Mein, P. (1983) - Mammifères miocènes de Azambujeira, niveau inférieur (Santarém, Portugal). *Ciências da Terra (UNL)*, Lisboa, 7: 161-186.

- Cande, S. C., & Kent, D. V. (1995) - Revised calibration of the geomagnetic polarity time scale for the late Cretaceous and Cenozoic. *J. Geophys. Res.*, 100 (B4): 6093-6095.
- Cox, A. (1969) - Geomagnetic reversals. *Science*, 163 (3864): 237-245.
- Daams, R., Alcalá, L., Alvarez-Sierra, M., Azanza, B., Dam, J. van, Van der Meulen, A., Morales, J., Nieto, M., Pelaez-Campomanes, P., & Soria, D. (1998) - A stratigraphical framework for Miocene (MN4 - MN13) continental sediments of Central Spain. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, 327 (9): 625-631.
- Daams, R., & de Bruijn, H. (1994) - A classification of the Gliridae (Rodentia) on the basis of dental morphology. *Hystrix (n. s.)*, 6, 1-2 (199): 3-50.
- Daams, R., & Freudenthal, M. (1988). Synopsis of the Dutch-Spanish collaboration program in the Neogene of the Calatayud-Teruel basin. *Scripta Geologica*, Special Issue 1: 3-18.
- Daams, R.; Meulen, A.J. van der; Alvarez-Sierra, M.A.; Pelaez-Campomanes, P.; Calvo, J.C.; Alonzo Zarza, M.A. & Kriggsman, W. (1999) - Stratigraphy and sedimentology of the Aragonian in type area. *Newletters on Stratigraphy*, Berlin, 37(3): 103-139.
- Dam, J. A. v. (1997) - The small mammals from the Upper Miocene of the Teruel - Alfambra region (Spain) : Paleobiology and Paleoclimatic reconstructions. *Geologica Ultraiectina*, 156: 1-204.
- Fahlbusch, V. (1976) - Report on the International Symposium on Mammalian Stratigraphy of the European Tertiary. *Newletters on Stratigraphy*, 5 (2/3): 160-167.
- Freudenthal, M., & Daams, R. (1988) - *Democricetodon*, *Fahlbuschia*, *Pseudofahlbuschia* nov. gen. and *Renzimys* from the Aragonian and the Lower Vallesian of the Calatayud-Teruel basin. (Titre dans Table des Matières) *Cricetidae* (Rod.) from the type-Aragonian; the genera *Democricetodon*, *Fahlbuschia*, *Pseudofahlbuschia*, nov. gen., and *Renzimys* (Titre en tête de l'article). *Scripta Geologica*, Special Issue 1: 133-252.
- Hugueney, M. (1999) - Family Castoridae. *The Miocene Land Mammals of Europe*, G. Rössner & K. Heissig, eds., Pfeil, München: 281-300.
- 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.
- Mein, P. (1976) - Biozonation du Néogène méditerranéen à partir des mammifères. *Proc. VIth Congress, R.C.M.N.S.*, Sept.4-7, 1975, J. Senès, ed., Bratislava.
- Mein, P. (1989) - Updating of MN zones. *European Neogene mammal chronology*, V. Fahlbusch, P. Mein & E. H. Lindsay, eds., Plenum Press: 73-90.
- Mein, P. (1999a) - Biochronologie et phases de dispersion chez les Vertébrés cénozoïques. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 170 (2): 195-204.
- Mein, P. (1999b) - European Miocene Mammal Biochronology. *The Miocene Land Mammals of Europe*, G. Rössner & K. Heissig, eds, München, Pfeil: 25-38.
- Meulen, A. J. van der & Daams, R. (1992) - Evolution of Early-Middle Miocene rodent faunas in relation to long-term palaeoenvironment changes. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, Amsterdam, 93: 227-253.
- Morales, J., Nieto, M., Köhler, M., & Moya-Sola, S. (1999) - Large mammals from the Vallesian of Spain. In J. Agustí, L. Rook, & P. Andrews eds., *Cambridge Univ.Press*, Cambridge.
- Opdyke, N., Mein, P., Lindsay, E., Perez-Gonzalez, A., Moissenet, E., & Norton, V. L. (1997) - Continental deposits, magnetostratigraphy and vertebrate paleontology, late Neogene of Eastern Spain. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 133 (3-4): 129-148.
- Pevzner, M. A., & Vangengeim, E. A. (1993) - Magnetostratigraphical age assignments of Middle and Late Sarmatian mammalian localities of the Eastern Paratethys. *Newsl. Stratigr.*, Berlin, 29 (2): 63-75.
- Pickford M., Gabunia L., Mein, P., Morales J. & Azanza, B. (2000) - Belometschetskaya, North Caucasus, and important biostratigraphic link between Europe and China. *Geobios*, Villeurbanne, 33 (2) sous presse.
- Qiu, Z. X., Wu, W. Y., & Qiu, Z.D. (1999) - Miocene Mammal faunal sequence of China: Palaeozoogeography and Eurasian relationships. *The Miocene Land Mammals of Europe*, G. Rössner & K. Heissig, eds. Pfeil, München.
- Steininger, F. (1999) - Chronostratigraphy, Geochronology and Biochronology of the Miocene "European Land Mammal Mega-zones" (ELMMZ) and the Miocene "Mammal-zones" (MNZ). *The Miocene Land Mammals of Europe*, G. Rössner & K. Heissig, eds., Pfeil, München: 9-24.

- Steininger, F., Berggren, W. A., Kent, D. V., Bernor, R. L., Sen, S., & Agusti, J. (1996) - Circum-Mediterranean Neogene (Miocene and Pliocene) Marine-Continental chronologic correlations of European mammal units. *The evolution of Western Eurasian Neogene mammal Faunas*, R. L. Bernor, V. Fahlbusch & H. Mittman, eds., Columbia University Press, New York: 7-46.
- Steininger, F. F., Bernor, R. L., & Fahlbusch, V. (1989) - European Neogene marine continental chronologic correlations. *European Neogene mammal chronology*. V. Fahlbusch, P. Mein, & E. H. Lindsay, eds., Plenum Press: 15-46.
- Suc, J. P. (1987) - Palynology as a stratigraphic tool: the western Mediterranean Neogene record. *Ann. Inst. Géol. Publ. Hung.*, 70: 65-69.