

Figure 42. Matériel d'ARAMBOURG, dessins d'après les photographies originales de l'auteur, identifications de l'auteur. Maastrichtien, phosphates de Berbérie. On remarquera les extrémités pointues des dentaires; ce caractère n'apparaît jamais dans le matériel d'In Daman. ARAMBOURG attribue ces os à *Stratodus apicalis* mais il faut les rattacher à *Stratodus oxypogon* si l'on respecte les descriptions originales de COPE. La perte de l'onomatopore de *S. oxypogon* n'est pas une raison valable pour ne plus faire référence à cette espèce; la description citée dans cet article remplace provisoirement le type perdu, en attendant que la relève puisse être prise par un néotype. *a* : dentosplénial *s.n.* gauche, vue orale, Sidi Ali ben Larbi; *b* : fragment de maxillaire, Bou Jniba; *c* et *d* : dentosplénial gauche, Ouled Abdoun; *e* et *f* : fragment de dentosplénial droit, Oued Zem; *g* : fragment de palatin, Oued Zem. Remarquer en *g*, la rangée médiane d'alvéoles plus larges que ceux des rangées latérales; cette disposition n'apparaît jamais sur les os dentés de *Stratodus indamanensis* et constitue, en plus des extrémités pointues des dentospléniaux, un critère de discrimination.

4.3 Récapitulation des Dercetidae / Stratodontidae publiés

Ci-dessous, les noms originaux des auteurs, avant révision. Sont indiquées uniquement les provenances des onomatophores.

4.3.1 Dercetidae

Dercetis			ARAMBOURG
<i>Dercetis scutatus</i>	Turonien	Westphalie	ARAMBOURG
<i>Dercetis reussi</i>	Turonien	Bohème	FRICTSCH
<i>Dercetis latiscutatus</i>	Turonien	Roy.-Uni	WOODWARD
<i>Dercetis maximus</i>	Turonien	Roy.-Uni	WOODWARD
<i>Dercetis linguifer</i>	Sénonien	Liban	PICTET
<i>Dercetis limhaninensis</i>	Danien	Suède	DAVIS
Dercetoïdes			CHALIFA
<i>Dercetoïdes venator</i>	Cénomaniens	**Palestine	CHALIFA
Leptotrachelus			v.d. MARCK
* <i>Leptotrachelus hakelensis</i>	Cénomaniens	Liban	PICT. & HUMB.
* <i>Leptotrachelus serpentinus</i>	Cénomaniens	Liban	HAY
<i>Leptotrachelus elongatus</i>	Turonien	Roy.-Uni	ARAMBOURG
<i>Leptotrachelus triqueter</i>	Sénonien	Liban	PICTET
<i>Leptotrachelus gracilis</i>	Sénonien	Liban	DAVIS
<i>Leptotrachelus rostralis</i>	Sénonien	Liban	SIGNEUX
<i>Leptotrachelus armatus</i>	Sénonien	Westphalie	v.d. MARCK
<i>Leptotrachelus sagittatus</i>	Sénonien	Westphalie	v.d. MARCK
<i>Leptotrachelus longipinnis</i>	Niobrara group	U.S.A.	COPE
<i>Leptotrachelus virgulatus</i>	Niobrara group	U.S.A.	COPE
Pelargorhynchus			v.d. MARCK
<i>Pelargorhynchus dercetiformis</i>	Sénonien	Westphalie	v.d. MARCK
Rhynchodercetis			ARAMBOURG
<i>Rhynchodercetis yovanovitchi</i>	Cénomaniens	Maroc	ARAMBOURG
<i>Rhynchodercetis gortanii</i>	?	?	d'ERASMO
<i>Rhynchodercetis gracilis</i>	Cénomaniens	**Palestine	CHALIFA

* Pourraient appartenir au genre *Rhynchodercetis*, d'après ARAMBOURG.

** Le terme *Palestine* concerne les territoires dits cis-jordaniens, israéliens, palestiniens.

Une seule espèce *Dercetis limhaninensis* de la famille des Dercetidae survécut à l'extinction de la limite KT. Aucun Dercetidae ou Stratodontidae vivant n'est connu. Les Stratodontidae

semblent être apparus plus récemment que les Dercetidae, en moyenne.

4.3.2 Stratodontidae Cope 1872

Stratodus			COPE & LEIDY	1872
<i>Stratodus apicalis</i>	Crétacé sup.	Kansas, U.S.A.	COPE	1872
<i>Stratodus oxypogon</i>	Crétacé sup.	Kansas, U.S.A.	COPE	1877
<i>Stratodus indamanensis</i>	Maastrichtien	Niger	MICHAUT	2002
crâne SC2?	Maastrichtien	Niger	MICHAUT	2002
Ministratodus			MICHAUT	2002
<i>Ministratodus kehehensis</i>	Maastrichtien	Niger	MICHAUT	2002

4.4 Localisations

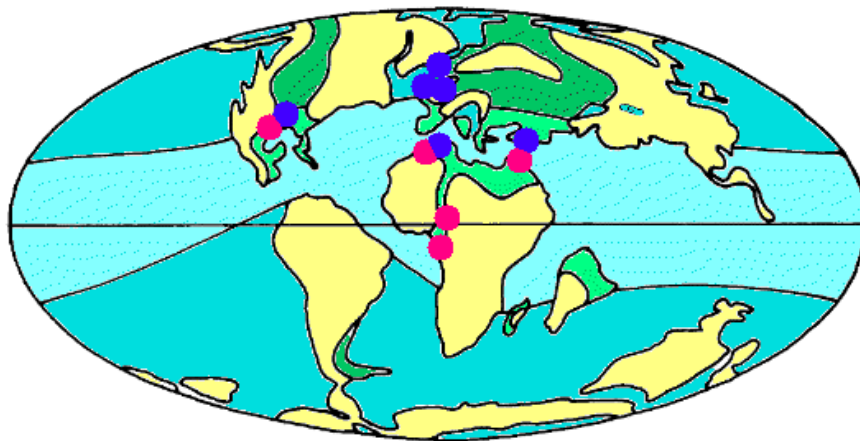


FIG. 43: Localisations des Dercetidae et Stratodontidae au Sénonien et au Danien. Dercetidae en bleu ; Stratodontidae en rouge. Les positions des continents et des côtes ont bien sûr varié assez largement sur cette période, ce dont ne rend pas compte la figure.

Les points bleus sur la figure 43 indiquent la distribution des Dercetidae du Cénomaniens au Danien. Les points rouges situent les Stratodontidae : Maastrichtien ou Sénonien indifférencié. Les deux familles sont plutôt endémiques des mers chaudes, représentées en bleu clair et vert clair pour les océans et les mers épicontinentales respectivement. Les mers froides sont figurées en bleu et vert plus foncés. Cependant quelques Dercetidae semblent supporter des mers assez froides, comme aux USA, au Royaume-Uni et en Suède. Les sites du Niger correspondent au point le plus proche de l'équateur. Il ne faut toutefois pas oublier que la structure thermique des océans à ces époques était très différente de l'actuel. En particulier, les températures en profondeur étaient plus élevées, en raison de la quasi absence de calottes glaciaires sur les pôles. La notion de mer froide doit donc être relativisée. Sur la figure 44, les 4 espèces relatives aux 2 genres *Ministratodus* et *Stratodus*, au Maastrichtien. Toutes les quatre sont présentes en Afrique, deux seulement en Amérique du nord. Il est vraisemblable que la famille des Stratodontidae soit apparue en Afrique de l'ouest au Campanien ou au début du Maastrichtien, vers 70 à 80 Ma.

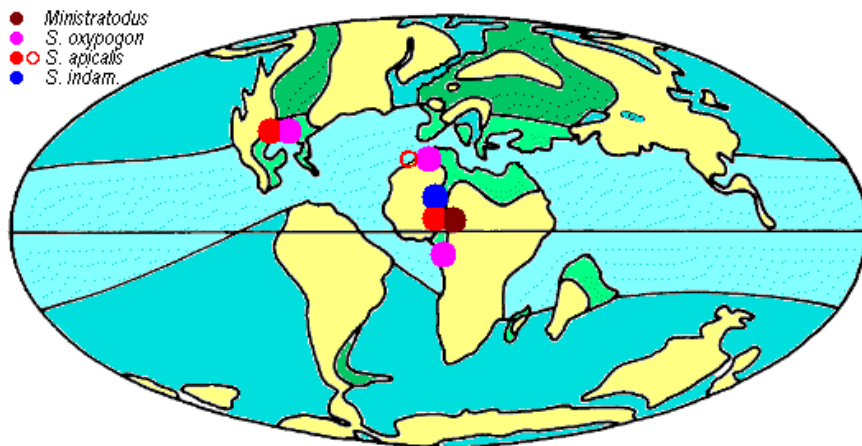


FIG. 44: Localisations des 4 Stratodontidae connus au Maastrichtien : *Ministratodus kehehensis*, *Stratodus oxypogon*, *S. apicalis* et *S. indamanensis*. L'Afrique occidentale semble être le berceau de la famille, qui a connu une spéciation apparemment rapide et diversifiée, probablement à cause de fragmentations répétées de son biotope, lors des alternances de transgressions et de régressions.

4.5 Systématique

4.5.1 Etablissement de l'arbre local

L'étude se résume à déterminer l'arbre phylétique de l'ensemble $\{Stratodus apicalis; Stratodus oxypogon; Stratodus indamanensis; Ministratodus kehehensis\}$ qui constitue le taxon Stratodontidae réhabilité par nous-mêmes. Chacune des 4 espèces est assez pauvrement définie, aussi convient-il d'adopter une démarche rigoureuse. Nous avons mis au point et employé un logiciel, nommé *PhylPart*, qui s'inspire des travaux de Bernard SIGWALT (BICHINDARITZ et al. [1994b]). Le premier principe de base consiste à orienter tous les caractères utilisés. Dans la matrice, le 0 désigne toujours l'état plésiomorphe, c'est-à-dire que le caractère n'est pas encore apparu, tandis que le 1 désigne l'état apomorphe, le caractère étant apparu et ayant éventuellement été modifié ou réversé. Le second principe est que deux caractères convergents et donc non homologues doivent faire l'objet de deux colonnes différentes de la matrice. Autrement dit, les homoplasies doivent avoir été détectées par l'utilisateur du logiciel. Contrairement au logiciel parcimonieux PhylSyst développé par l'équipe de SIGWALT, PhylPart n'admet au sein de la matrice des caractères aucune réversion, ni aucune convergence non résolue. Ceci le rend inutilisable en pratique vis-à-vis d'une grosse matrice, mais lui confère une rigueur absolue pour une matrice de taille limitée. Finalement, une matrice contenant une sous-matrice telle que

$$\begin{array}{cc} 0 & 1 \\ 1 & 0 \\ 1 & 1 \end{array} \quad (21)$$

où les lignes représentent les espèces, et les colonnes, les caractères, 0 désignant la forme plésiomorphe, et 1 la forme apomorphe, est rejetée par le logiciel. L'opérateur doit alors mieux définir ou mieux choisir les caractères et s'interroger sur leurs orientations plésiomorphe \rightarrow apomorphe, ce qui l'oblige à une réflexion approfondie.

Nous avons choisi parmi les caractères déjà cités, seulement ceux qui ont de très fortes chances, de par leur originalité, de constituer des apomorphies, soit de tous les Stratodontidae,

soit d'une partie d'entre eux. 12 caractères ont été retenus :

1. dents barbelées ;
2. alvéoles dentaires trilobés ;
3. alvéoles dentaires comportant un croissant aplati ;
4. plus de 100,000 dents ;
5. dentosplénial *s.n.* prismatique à section rectangulaire ;
6. vertèbre V1 opisthocoele ;
7. vertèbres allongées ;
8. vertèbre V1 très longue ;
9. rallongement de la portion postoptique du neurocrâne ;
10. rangée médiane de dents plus large sur la partie plate d'un os denté ;
11. extrémités symphysaires arrondies en massues ;
12. extrémités symphysaires pointues, cunéiformes.

Dans la matrice de caractères (22), les lettres désignent les espèces :

A : *Stratodus apicalis*

B : *Stratodus oxypogon*

C : *Stratodus indamanensis*

D : *Ministratodus kehehensis*

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	
A	1	0	0	0	0	1	1	?	0	0	1	0	
B	0	1	0	0	0	1	1	?	?	1	0	1	(22)
C	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	
D	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	?	?	

PhylPart donne en réponse à (22) l'arbre complètement résolu ci-après qui d'ailleurs pourrait se

déduire facilement à la main. L'intérêt du programme informatique est de vérifier rapidement et sans erreur l'absence de sous-matrice de type (21). Les numéros des apomorphies successives apparaissent en face de chaque taxon. Il apparaît un nouveau groupe, contenant les 3 espèces du genre *Stratodus*, que nous nommons Stratodontinae. On remarquera le porte-à-faux entre la nomenclature binominale classique et la nomenclature dichotomique hennigienne idéale : en toute rigueur, un genre, ici *Stratodus*, ne devrait contenir que 2 espèces et non pas 3 espèces. *Stratodus oxypogon* apparaît comme l'espèce-sœur, plus gracile, du taxon {*Stratodus apicalis* ; *Stratodus indamanensis*}. L'arbre est un petit arbre pectiné classique dont le taxon précité forme le groupe-couronne. Il y a regroupement dans le groupe-couronne de deux espèces présentes de part et d'autre de l'Atlantique, ce qui suggère la possibilité de migrations transocéaniques au moins occasionnelles pour les *Stratodus*. Il ne faut toutefois pas perdre de vue que l'arbre proposé ici est très fragile car il repose sur un petit nombre de caractères assez mal définis, assez mal décrits et difficilement observés. *Ministratodus* se détache bien, mais la classification des 3 *Stratodus* ne saurait être considérée comme définitive. Plus précisément, la structure de l'arbre ci-dessous repose sur les deux seuls caractères (7) et (11) ; le caractère (11) demanderait confirmation définitive quant à sa répartition parmi les 4 espèces. La seule certitude actuelle est l'existence de 3 espèces rattachées au genre *Stratodus*.

```

==o Stratodontidae                6
  |-- Ministratodus kehehensis    4 5 9
  \--o Stratodontinae            7
    |-- Stratodus oxypogon       2 10 12
    \--o TNN                      11
      |-- Stratodus apicalis     1
      \-- Stratodus indamanensis 3
  
```

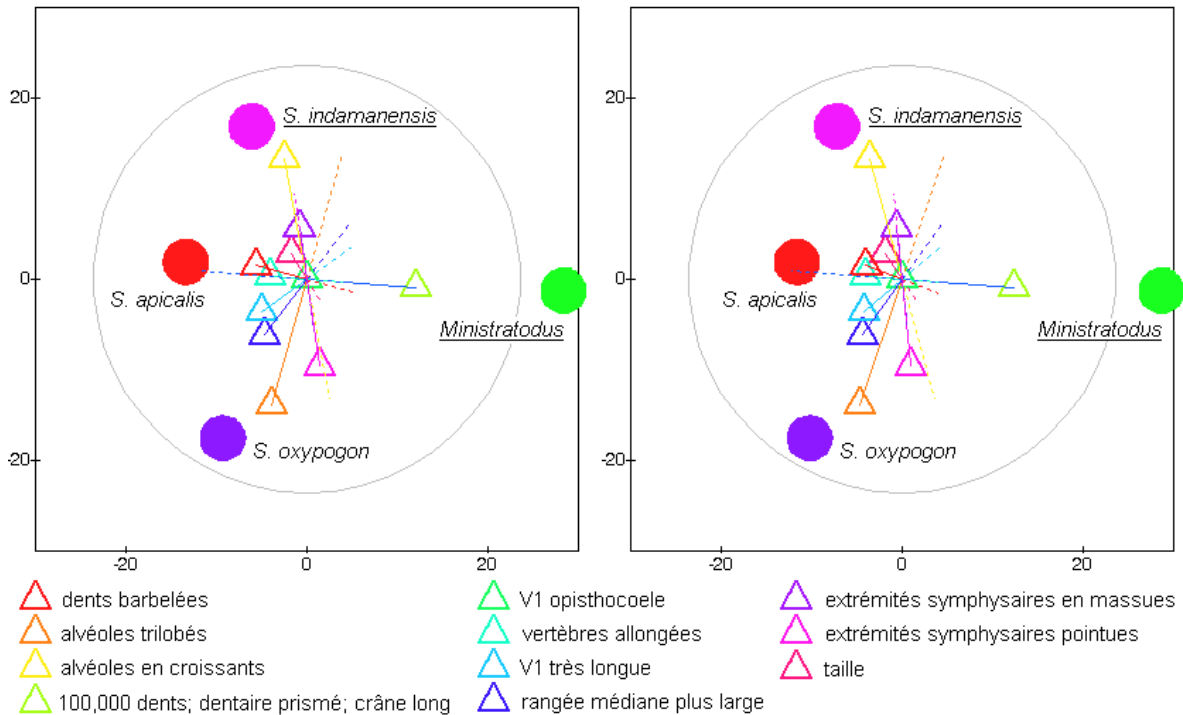


FIG. 45: Stratodontidae : analyse en composantes principales, métrique ordinaire, paramètres normalisés. La performance de l'analyse, pour un nombre de points supérieur d'une unité à la dimension de l'espace de projection \mathbb{R}^3 , est égale à 100%.

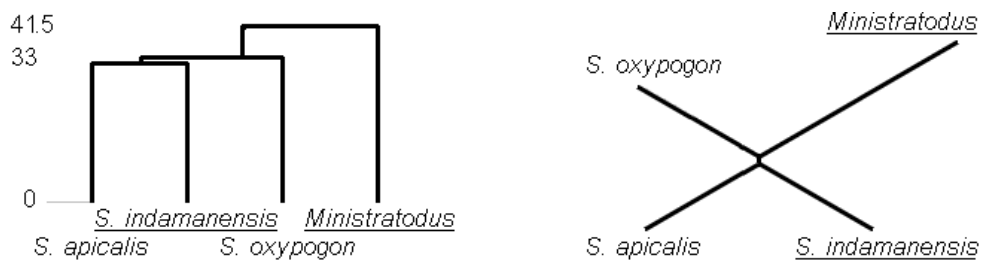


FIG. 46: Stratodontidae : analyse en composantes principales, métrique ordinaire, paramètres normalisés, performance 100%. Arbres ultramétriques raciné et non raciné obtenus par la méthode du minimum. La méthode de la moyenne donne pratiquement le même résultat.

Une autre approche consiste à faire une analyse métrique. Dans un premier temps, une analyse en composantes principales, conjointe et en métrique ordinaire est effectuée. La matrice 22 est complétée d'une treizième colonne indiquant les tailles relatives estimées des poissons,

respectivement 20 ; 15 ; 30 et 10 unités arbitraires. Il en résulte le placement de la figure 45. Les 4 points représentatifs forment un tétraèdre à base sensiblement équilatérale constituée des 3 *Stratodus*, allongé du côté de *Ministratodus* qui donc se distingue davantage. On peut encore traduire ce tétraèdre sous forme d'un arbre, soit en déterminant l'arbre de STEINER correspondant, ce qui dans un espace 3D n'est pas facile, soit en employant une méthode ultramétrique. La méthode du minimum a été employée, elle donne l'arbre de la figure 46 présenté sous forme racinée et non racinée. On retrouve l'arbre phylétique, on retrouve aussi le fait que le placement relatif des 3 *Stratodus* est fragile. *Ministratodus* est confirmé dans sa position de groupe-frère de Stratodontinae.

4.5.2 Enracinement des Stratodontidae



FIG. 47: *Synodus variegatus* à Maoré, chassant à l'affût. Longueur 20 cm environ.

Voyons maintenant les faits qui permettent de placer l'arbre des Stratodontidae dans celui des Osteichthyes.

- Ses lépidotriches montrent que *S. indamanensis* est un actinoptérygien.
- Les occipitaux latéraux, ainsi que le basioccipital, sont en contact avec la première vertèbre ; les trois espèces sont des néognathes selon NELSON (NELSON [1994]).
- La présence du *retractor dorsalis* semble prouvée par son attache sur la première vertèbre, dans le cas de *S. indamanensis* et aussi dans le cas de *Ministratodus kehehensis*. D'autre part, les insertions dentaires sont du type 4 de FINK (1981) pour les deux espèces. Elles appartiennent donc aux néotéléostéens.
- L'absence de processus ascendant sur le prémaxillaire et l'absence d'écailles cténoïdes excluent respectivement *S. indamanensis* du groupe des Acanthomorpha et du groupe, incluant le précédent, des Ctenosquamata. L'absence de processus ascendant est également très possible chez *M. kehehensis*, étant donné la forme supposée très plate de son prémaxillaire.
- Par conséquent, *S. indamanensis* ainsi que, raisonnablement, le matricule SC2 et *Ministratodus kehehensis* appartiennent à l'ensemble {Stomiiformes ; Alepisauroidei ; Aulopiformes}. Bien que l'appartenance des Stratodontidae aux Aulopiformes semble probable, aucun argument définitif ne permet de trancher. La ressemblance extérieure frappante

entre *S. indamanensis* et les Synodontidae, dits *poissons-lézards* ne peut constituer qu'un argument plutôt faible. Sur la figure 47, *Synodus variegatus* actuel, pour information. Nous poursuivrons cependant en admettant l'appartenance aux Aulopiformes.

Voyons maintenant quels sont les caractères utilisables pour déterminer la famille de nos poissons.

- Les écailles, ou scutelles, triradiées et souvent ornées de fines sculptures, rappelant celles de *S. indamanensis*, sont présentes dans tous les genres connus de Dercetidae.
- Le raccourcissement du neurocrâne postorbital, bien observé chez *S. indamanensis* et sur le matricule SC2, est une caractéristique des Dercetidae.
- Les dents des 4 poissons chez lesquels elles apparaissent sont disposées en rangées parallèles comme chez certains Dercetidae.
- Les vertèbres sont beaucoup moins allongées que celles des Dercetidae.
- Les processus latéraux des vertèbres précaudales, présents chez tous les Dercetidae décrits, sont absents.
- La première vertèbre ne semble pas être opisthocoele chez les Dercetidae connus.

En conclusion, il convient de rester prudent. La distinction entre Dercetidae et Stratodontidae faite par COPE dès 1872 semble pertinente. Il est d'autre part envisageable que ces deux familles soient des groupes-frères, étant donné l'originalité des caractères partagés. Nous ne pouvons proposer à ce stade que la classification incomplètement résolue ci-dessous.

Actinopterygii	
Neopterygii	Regan 1923
Teleostei	Müller 1844
Teleocephala	
Clupeocephala	Patterson & Rosen 1977
Euteleostei	<i>sensu</i> Nelson 1994
Neognathi	<i>sensu</i> Nelson 1994
Neoteleostei	
Eurypterygii	
Cyclosquamata	
Aulopiformes	
† Enchodontoidei	
Cimolichthyoidea	Goody 1969
Stratodontidae	Cope 1872
<i>Ministratodus kehehensis</i>	Michaut 2002
Stratodontinae	Michaut 2009
<i>Stratodus oxypogon</i>	Cope 1877
TNN	
<i>Stratodus apicalis</i>	Cope 1872
<i>Stratodus indamanensis</i>	Michaut 2002

4.5.3 Cladogramme partiel provisoire

L'arbre suivant, incomplètement résolu, dû en grande partie à une révision de CHALIFA 1989, est adapté de la compilation Web de Mikko HAARAMO. TNN signifie *taxon non nommé*. Nous proposons de le compléter selon le schéma provisoire qui le suit immédiatement, étant

entendu que les caractères discriminants restent en nombre tout à fait insuffisant. Des lettres désigneront les caractères ou ensembles de caractères qui seront utiles. Ce schéma inclut le premier arbre, il est aussi moins détaillé et simplifie les parties les plus hypothétiques de l'arbre de HAARAMO.

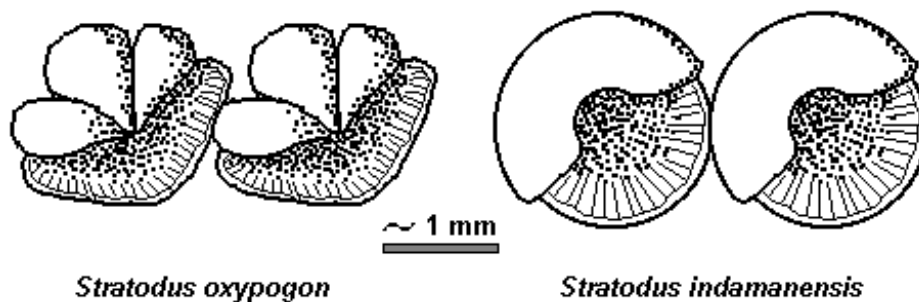
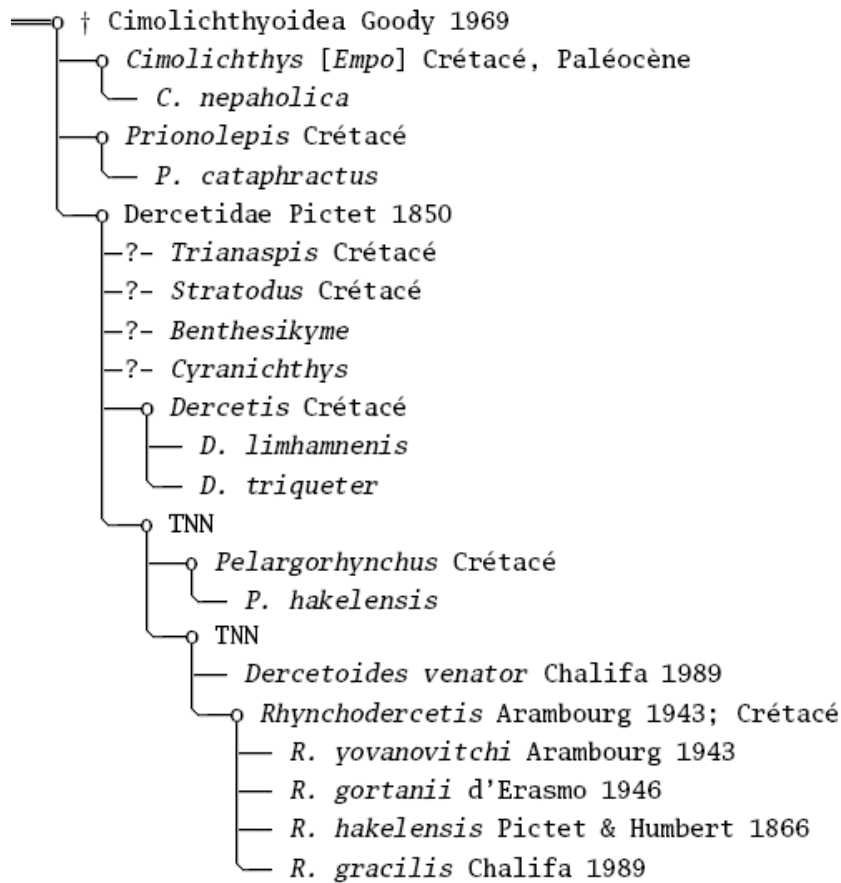
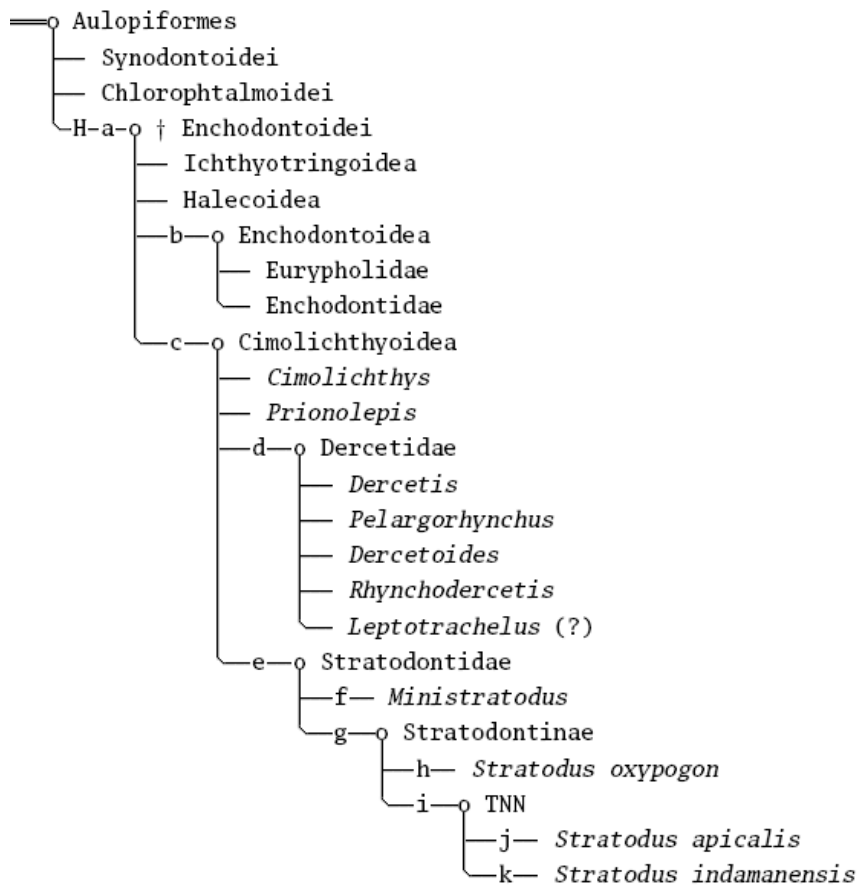


FIG. 48: Comparaison des alvéoles dentaires de *Stratodus oxypogon* et de *Stratodus indamanensis*.



H : branche hypothétique

a : scutelles triradiées

b : dents peu nombreuses, longues et de sections aplaties, coupantes

c : rangées de dents parallèles ; neurocrâne postorbital court

d : il existe des processus latéraux sur les vertèbres caudales ; vertèbres allongées

e : la première vertèbre est opisthocoel

f : le dentosplénial *s.n.* a une section rectangulaire ; plus de 100,000 dents au total

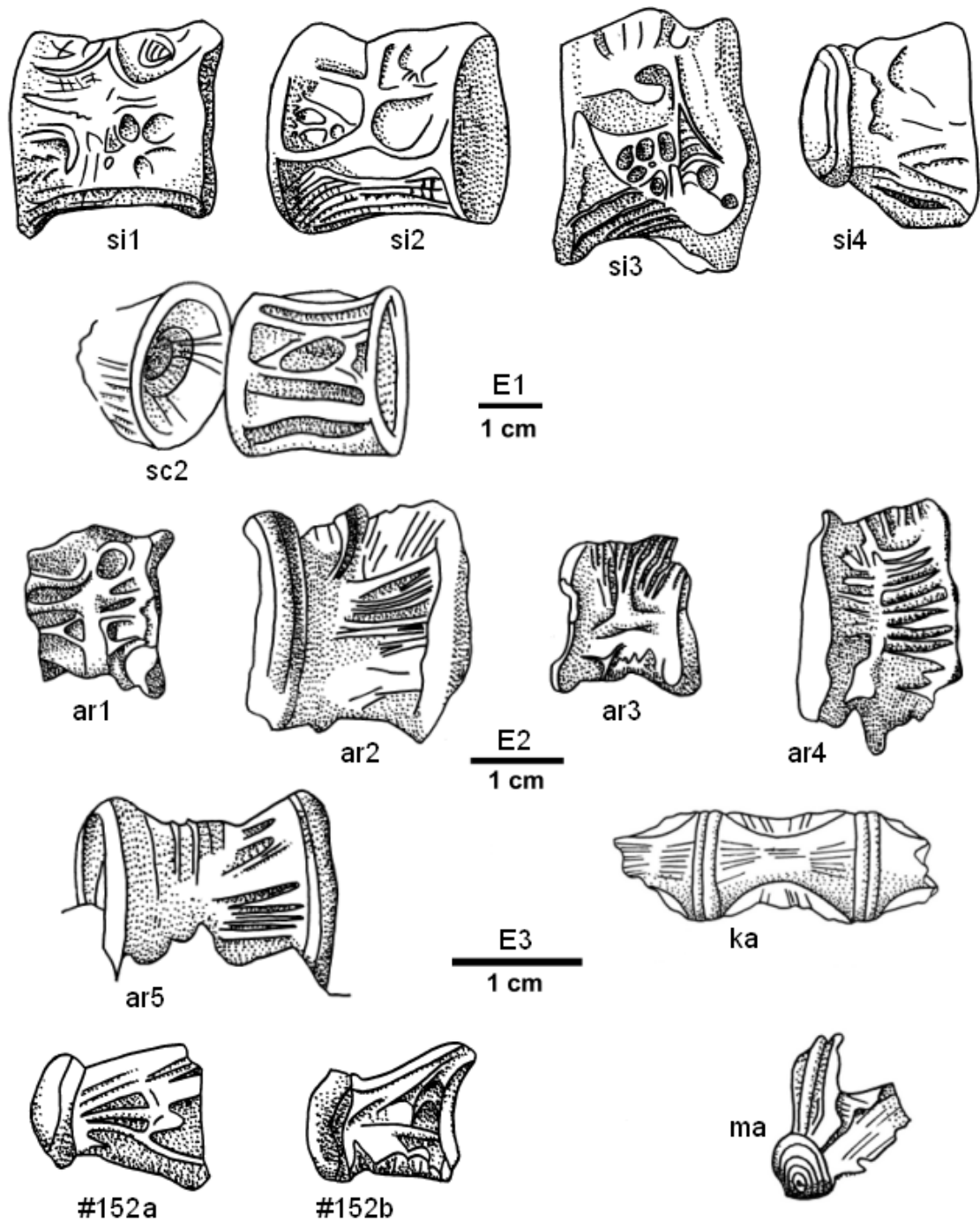
g : vertèbres allongées

h : alvéoles dentaires trilobés

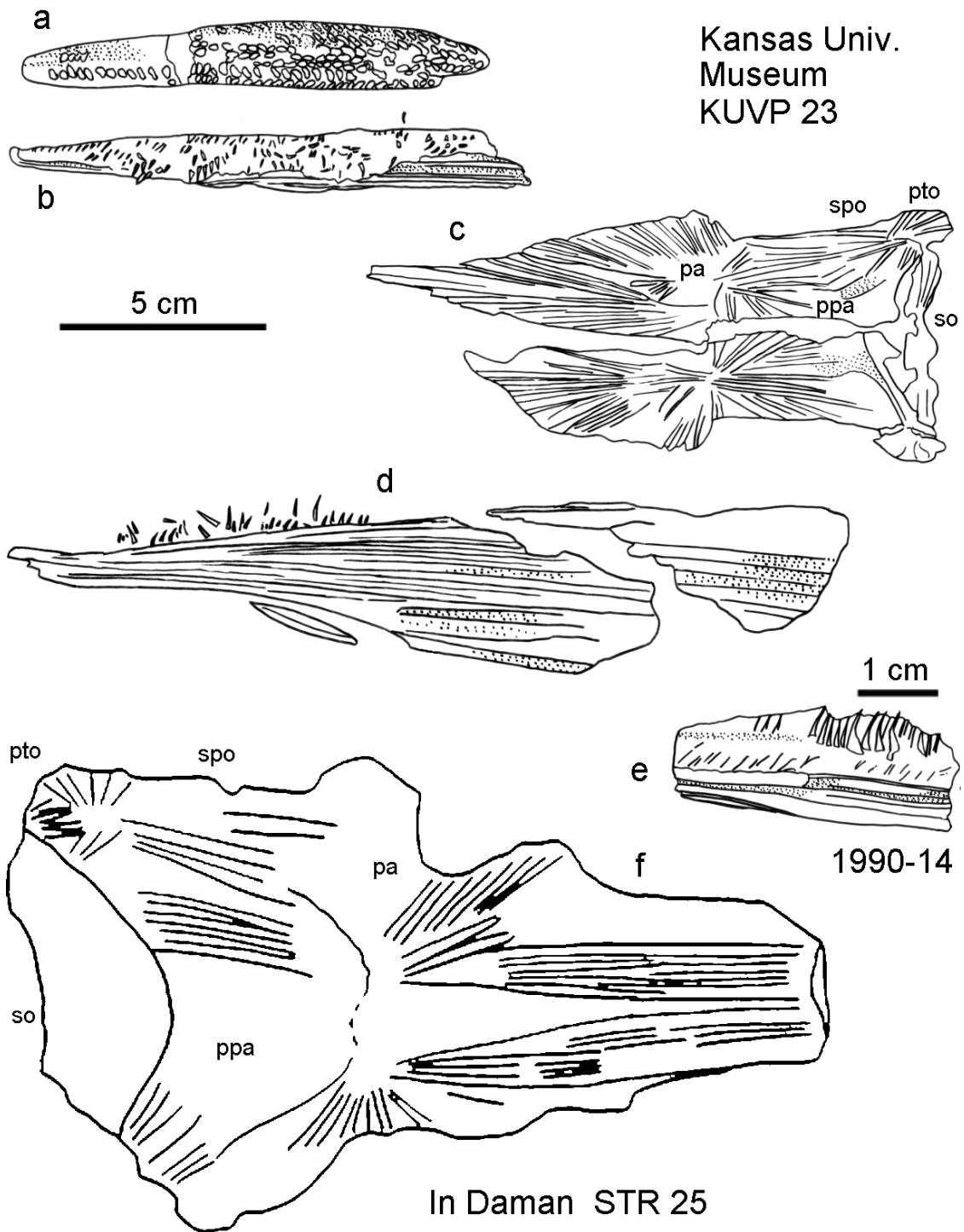
i : extrémités symphysaires arrondies en massues

j : dents barbelées

k : alvéoles dentaires en croissants aplatis



PL. 21: Comparaison de vertèbres de divers *Stratodus*. Ligne du haut : *si1* à *si4*, vertèbres caudale, troncale, prétroncale et première vertèbre V1 de *S. indamanensis*, en vues latérales. Seconde ligne : *sc2*, vertèbres associées au crâne immatriculé SC2. *ar1* à *ar5* : dessins d'après les photographies d'ARAMBOURG [1952], vertèbres attribuées par l'auteur à *Stratodus apicalis*. *ka* : vertèbres caudales d'un *Stratodus* non déterminé du Kansas, Kansas [a]. #152a et #152b : vertèbre #152, d'In Daman, en vues ventrale et neurale. Il s'agit d'une vertèbre V1. *ma* : vertèbre V1 d'un *Stratodus* non déterminé du Maroc, face ventrale en haut à gauche, collecteur Daniel BERTHOT. Echelles : E1 pour les figures des 2 premières lignes, ainsi que *ka* et *ma* ; E2 pour les figures *ar1* à *ar5* ; E3 pour #152a et #152b.



PL. 22: *Stratodus* KUVV23 du muséum de l'université du Kansas. Dessins d'après photographies originales du site web Kansas [a]. a et b : os dentés; c : crâne en vue dorsale; d : dentaire à extrémité cunéiforme, vue latérale; e : fragment d'os denté; f : pour comparaison, un crâne de *Stratodus indamanensis* en vue dorsale. L'échelle de 5 cm concerne toutes les figures, sauf e. Les os des figures a, b, c, d appartiennent au même poisson. Le crâne IND1999-STR25 est celui d'un animal de petite taille; il apparaît cependant très grand par rapport aux restes du *Stratodus* du Kansas. Contrairement aux fossiles sahéliens, le matériel du Kansas a conservé beaucoup de détails fins, en particulier les très nombreuses dents effilées telles que les avait décrites COPE. pa : pariétal *sensu novo*; ppa : postpariétal; pto : ptérotique; so : supraoccipital; spo : sphénotique.

Derivationes nominorum

- *Ministratodus* (MICHAUT [2002])
- *Ministratodus kehehensis* (MICHAUT [2002])
- **Stratodontinae** *nov. nom.*, taxon regroupant *Stratodus indamanensis*, *Stratodus apicalis* et *Stratodus oxypogon*. Groupe-frère de *Ministratodus*.
- *Stratodus indamanensis* (MICHAUT [2002])

Homonymie

Ministratodus kehehensis avait été nommé *Stylognathus kehehensis* (MICHAUT [2002]). Le nom de genre *Stylognathus* ayant été précédemment attribué à un Rodentia par AMEGHINO en 1891 (HAARAMO [ca. 2007]), semble tomber en homonymie ; il a, par conséquent et par mesure de précaution, été remplacé par *Ministratodus*.

Répertoire du matériel

Le matériel récolté jusqu'à présent comporte plusieurs dizaines de milliers de pièces, de dimensions submillimétriques à pluridécimétriques. Seules ont été numérotées les plus importantes d'entre elles. Par exemple, tous les squelettes partiels constitués de 2 os différents au moins ont été répertoriés. De nombreux os isolés, des coquilles, etc. l'ont été également. A chaque numéro correspond un et un seul organisme, et réciproquement. Sauf indication contraire, les numéros concernent du matériel trouvé sur le site d'In Daman. Certains des numéros des gros squelettes commencent par l'année où l'organisme concerné a été vu pour la première fois. Les lettres et / ou chiffres qui suivent forment toujours des suites distinctes pour deux organismes différents. Par exemple, il ne pourrait pas y avoir un 2005-A1 et un 2006-A1.

Références

Anapsida. Ancienne catégorie linnéenne des Anapsida, ca. 2000. URL <http://www.ucmp.berkeley.edu/anapsids/anapsida.html>.

Chaos. *L'ordre du chaos*, 1977–1989. Bibliothèque Pour la Science, Belin.

Naturalistes de Mayotte. *Univers maoré*, volume 3 ; 4 ; 10. la revue des naturalistes, historiens et géographes de Mayotte - Océan indien, 2006–2008.

Ichthyologie. *Handbook of paleoichthyology*, 1987. Gustav Fischer Verlag.

Kansas. Paléontologie des mers épicontinentales du Kansas, ca. 2000a. URL <http://www.oceansofkansas.com/contents.html>.

Kansas. Poissons fossiles du crétacé du Kansas, ca. 2000b. URL <http://www.wmnh.com/wmvf0002.htm>.

MDI. *Atlas de l'Afrique*. MDI, 1977.

- K. ALZOUMA. Fluctuations du niveau marin au cours du Mésozoïque et du Cénozoïque dans le bassin intracratonique des Iullemeden (Niger, Afrique occidentale). *Africa Geosciences Review*, 1 :131–281, 1994.
- C. ARAMBOURG. Les vertébrés fossiles des gisements de phosphates (Maroc - Algérie - Tunisie). *Protectorat de la Rép. française au Maroc, Service géologique, Notes et mémoires*, 92 (1, 2), 1952.
- C. ARAMBOURG. Les poissons crétacés du Jebel Tselfat (Maroc). *Ed. du Service géologique du Maroc, Notes et mémoires*, 118, 1954.
- C. ARAMBOURG and L. JOLEAUD. Vertébrés fossiles du bassin du Niger. *Bull. Dir. Mines AOF*, 7 :31–84, 1943.
- C. ARAMBOURG and J. SIGNEUX. Vertébrés fossiles du Maroc. *Service des Mines et de la carte géologique du Maroc, Notes et mémoires*, 92, 1952.
- N. BARDET and X. PEREDA SUBERBIOLA. Marine reptiles from the late Cretaceous phosphates of Jordan : palaeobiogeographical implications. *Publications Scientifiques du Muséum national d'Histoire naturelle*, 24 (4), 2002.
- V. BARRIEL and T. BOURGOIN, editors. *Caractères*. Number 18 in Biosystema, Société Française de Systématique. Publication de la S.F.S., 2000.
- M. J. BENTON. *The fossil record*. Chapman et Hall, 1993a.
- M. J. BENTON. *Vertebrate paleontology*. Unwin Hyman, 1993b.
- M. J. BENTON, S. BOUAZIZ, E. BUFFETAUT, D. MARTILL, M. OUAJA, M. SOUSSI, and C. TRUEMAN. Dinosaurs and other fossil vertebrates from fluvial deposits in the lower Cretaceous of southern Tunisia. *Elsevier, Palaeo*, 157 (2000) :227–246, 2000.
- I. BICHINDARITZ, S. POTTER, and B. SIGWALT. *PhylSyst : logiciel de reconstruction phylogénétique*. Number 12 in Biosystema, Société Française de Systématique. Publication de la S.F.S., 1994a.
- I. BICHINDARITZ, S. POTTER, and B. SIGWALT. *PhylSyst : logiciel de reconstruction phylogénétique*. *Société Française de Systématique, Biosystema*, 12, 1994b.
- P. BIGELOW. Cretaceous Hell Creek faunal facies, 2004. URL <http://www.dinosauria.com/jdp/misc/hellcreek.html>.
- P. BIGELOW. Cretaceous Hell Creek faunal facies :late Maastrichtian, 2009. URL <http://www.scn.org/~bh162/hellcreek2.html>.
- C. BILLY. *Glossaire de zoologie*. Doin, 1985.
- S. BIRON. Carte géologique de l'Ader Douchi nord, feuille Tchinn Tabaraden ND-31-XXIV. *Ministère des Mines et de l'Energie*, 1987.
- D. BITOUZÉ and J.-C. CHARPENTIER. *AT_EX*. Pearson Education France, 2006.
- H. BOUÉ and R. CHANTON. *Zoologie 2. Protocordés et vertébrés*. Doin - Deren et Cie, troisième édition, 1974.

- L. BOUDOURESQUE. Contribution de la paléopalynologie à la reconstitution floristique, stratigraphique et paléogéographique de la bordure occidentale du bassin des lullemeden au Crétacé supérieur et au Paléogène (Niger et Mali, Afrique de l'ouest). Thèse spécialité, Univ. Orléans et Niamey, 1980.
- P. BOURGINE and A. LESNE, editors. *Morphogenèse L'origine des formes*. Belin, 2006.
- BRIGGS and CROWTHER. *Palaeobiology : a synthesis*. Blackwell sc. publications, 1990.
- H. CAPPETTA. Poissons du Niger. *Palaeovertebrata*, 5 :182–243, 1972.
- R. L. CARROLL. *Vertebrate paleontology and evolution*. W.H. Freeman and C°, 1988.
- J. CHALINE. *Paléontologie des Vertébrés*. Géosciences. Dunod, 1987.
- Y. COINEAU and Y. DEMANGE. *L'art du dessin scientifique*. Diderot, 1997.
- E. D. COPE. On the families of fishes of the cretaceous formation of Kansas. *Proc. Amer. Philos. Soc.*, 1872.
- E. D. COPE. On some new or little known reptiles and fishes of the Cretaceous n°3 of Kansas. *Paleontological Bulletin*, 26, 1877.
- V. COURTILOT. Une éruption volcanique? *Dossiers Pour la Science*, Les dinosaures, 1993.
- R. DAJOZ. *Précis d'écologie*. Dunod, 2006.
- E. DARTEVELLE and E. CASIER. Poissons fossiles du bas-Congo. *Annales du Musée du Congo belge*, A, III, 2 :1–568, 1943–1959.
- A. F. DE LAPPARENT. Les Dinosauriens du continental intercalaire du Sahara central. *Mém. Soc. géol. fr.*, 88A, 1953.
- B. DEVAUX and B. DE WETTER. *Cap sur les Tortues marines*. Nathan, 2000.
- C. DEVILLERS and P. CLAIRAMBAULT. *Précis de zoologie : vertébrés 1. Anatomie comparée*. Masson, deuxième édition, 1976.
- M. S. DIKOUMA. Fluctuations du niveau marin au Maastrichtien et au Paléocène dans le bassin intracratonique des lullemeden (Niger occidental); biochronologie et dynamique des corps sédimentaires. *Africa Geosciences Review*, 1, 3 :283–417, 1994.
- R. ESTES. Fossil vertebrates from the Lance formation. *University of California publications, Geol. sciences*, 49 :1–180, 1964.
- M. EVERHART. Marine turtles from the western interior sea, 2009. URL <http://www.oceansofkansas.com/Turtles.html>.
- J.-C. FISCHER. *Fossiles de France et des régions limitrophes*. Masson, deuxième édition, 1989.
- S. FRONTIER, D. PICHOD-VIALE, A. LEPRÊTRE, D. DAVOULT, and C. LUCZAK. *Ecosystèmes*. Dunod, 2004.
- E. GHEERBRANT. Le paléogène et la radiation des mammifères, ca. 2000. URL Sagascience@cnrs-dir.fr.

- P.-P. GRASSÉ. *Précis de zoologie : vertébrés 2. Reproduction, biologie, évolution et systématique Agnathes, poissons, amphibiens et reptiles*. Masson, deuxième édition, 1976.
- J. GREIGERT. Description des formations crétacées et tertiaires du bassin des lullemeden. *Direction des Mines et de la Géologie de la République du Niger*, 2, 1966.
- J. GREIGERT and R. POUQUET. *Carte géologique de la République du Niger*, Ministère des T. P., des Transports, des Mines et de l'Urbanisme, Niamey. Editions du B.R.G.M., 1967.
- M. HAARAMO. Compilations phylogénétiques, ca. 2000. URL <http://www.fmnh.helsinki.fi/users/haaramo/Metazoa/Deuterostoma/Chordata/Chordata.htm>.
- M. HAARAMO. Taxonomic history of the genus †*Microbiotherium* Ameghino, 1887, ca. 2007. URL <http://www.fmnh.helsinki.fi/users/haaramo/Metazoa/Deuterostoma/Chordata/<.>/Rodentia/Microbiotheria.htm>.
- M. HANON. Cartes géologiques au 1/100000ème de l'Ader Douchi. *BRGM Niger – AGCD Belgique*, page 16 feuilles, 1984.
- B. U. HAQ, J. HARDENBOL, and P. R. VAIL. Chronology of fluctuation sea levels since the Triassic. *Science*, 235 :1156–1167, 1987.
- B. JONES. The sedimentary rocks of Sokoto province. *Geological survey of Nigeria*, bull. 18, 1948.
- J. JOO' and A. FRANCONI. Plan minéral de la république du Niger, 2ème partie : état actuel des connaissances sur la géologie du Niger. *Ministère des Mines et Industries*, 1983.
- A. KANÉ and M. MICHAUT. *Kaosaurus* : un nouveau taxon de sauropsida provenant du Maastrichtien marin épicontinental du bassin des lullemeden, Niger. *hal*, 00177285 :1–26, 2007. URL <http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00177285>.
- G. KARL, H.-V. et TICHY. *Murrhardtia staeschei* n. gen. n. sp. - ein neue schildkröte aus der oberen Trias von Süddeutschland. *Joannea Geol. Paläont.*, 2 :57–72, 2000.
- W. KIESSLING and J. ALROY. Inversand Pit, MFL, New Jersey : late / upper Maastrichtian, taxonomic list. *The Paleobiology Database*, PBDB coll. n°26819, 2005.
- J. I. KIRKLAND and M. C. AGUILLON-MARTINEZ. Schizorhiza : a unique sawfish paradigm from the Difunta group. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 19, 1 :16–24, 2002.
- C. A. KOGBE. Petrographic study of maastrichtian and post-paleocene formation of North-western Nigeria (lullemeden basin). *Sonderdruck Geol. Rundschau*, Band 64 :216–229, 1975.
- C. A. KOGBE. Geology of south eastern (Sokoto) sector of lullemeden basin. *Bull. Depart. Geol. Univ. Zaria*, 2, n°1, 420 p., 1979.
- L. LANDAU. *Mécanique des fluides*. Editions Mir, 1975.
- J. LANG and C. A. KOGBE. Upper cretaceous and paleogene marine fluctuations in the sub-Saharan intracratonic lullemeden basin. *Africa Geosciences Review*, 1, 2/3 :iii – vi, 1994.

- G. LAUDER and K. LIEM. The evolution and interrelationships of the actinopterygian fishes. *Bull. Mus. Comp. Zool.*, 150, 3 :95–197, 1983.
- M. LAURIN and R. REISZ. A reevaluation of early amniote phylogeny. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 113 :165–223, 2000.
- J. LEBBE, editor. *Informatique et systématique*. Number 14 in Biosystema, Société Française de Systématique. Publication de la S.F.S., 1996.
- G. LECOINTRE and al. *Guide critique de l'évolution*. Belin, 2009.
- G. LECOINTRE and H. LE GUYADER. *Classification phylogénétique du vivant*. Editions Belin, 2009.
- G. LECOINTRE, C. GALLUT, B. CHANET, and A. DETTAÏ. Du rififi chez les poissons. *Pour la science*, 390 :57–63, 2010.
- G. LINDER. *Guide des coquillages marins*. Delachaux et Niestlé, cinquième édition, 2000.
- R. LIVI and A. VULPIANI, editors. *L'héritage de Kolmogorov en physique*. Belin, 2003.
- A. MEYER and R. ZARDOYA. Recent advances in the (molecular) phylogeny of vertebrates. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.*, 34 :311–338, 2003.
- M. MICHAUT. Ecosystème marin du Maastrichtien du bassin des lullemeden, Niger. *Edition libre sur CD*, 2002.
- J. S. NELSON. *Fishes of the world*, volume XX - 600. John Wiley and sons, Inc., 1994.
- E. OWEN and A. B. SMITH. *Kreide fossilien*. Goldschneck-Verlag Korb, 1987.
- S. W. PETTERS. Ancient seaway across the Sahara. *Nigerian Field*, 42 :22–30, 1977.
- J. PIVETEAU. *Traité de paléontologie*. Editions Masson, 1952.
- J. et al. PIVETEAU. *Traité de paléontologie*, volume IV, 3. Editions Masson, 1966.
- M. RAAB. Fossil fishes and reptiles from late Campanian phosphatic deposits of the Negev region of Israel. *Israel Journal of earth sciences*, 12, 1 :26–40, 1963.
- R. A. REYMENT and R. V. DINGLE. Paleogeography of Africa during the Cretaceous period. *Pal. Pal. Pal.*, 59, 2-2 :93–116, 1987.
- O. RIEPPEL and R. R. REISZ. The origin and early evolution of turtles. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, 30 :1–22, 1999.
- G. ROUGIER, M. DE LA FUENTE, and A. ARCUCCI. L'évolution des Tortues. *Pour la Science*, 249 :42–49, juillet 1998.
- B. SABELLI. *Encyclopedia of shells*. Macdonald Ed., 1982.
- H.-P. SCHULTZE. Morphologische und histologische untersuchungen an schuppen meso-soisches actinopterygier. *Neues Tahrbuch Geol. Paläontologie Abhandlungen*, 126, 3 :232–314, 1966.

- R. E. SLOAN, J. K. RIGBY, L. M. VAN VALEN, and D. GABRIEL. Gradual dinosaur extinction and simultaneous ungulate radiation in the Hell Creek Formation. *Science*, 232 :629–633, 1986.
- A. S. STEWART. Teleost of the upper Cretaceous. *Un. Geol. Surv. Kansas*, VI, Pal., II, ca. 1900.
- N. TABASTE. Etude de restes de poissons du Crétacé saharien. Mélanges ichthyologiques. *Mém. IFAN, Dakar*, 68 :436–499, 1963.
- P. TASSY and H. LELIÈVRE, editors. *Systématique et phylogénie*. Number 11 in Biosystema, Société Française de Systématique. Publication de la S.F.S., 1999.
- L. TAVERNE. Les poissons fossiles et quelques dents de reptiles récoltés par C. R. Hoffmann dans le Crétacé supérieur de Vonso (bas- Congo). *Musée royal de l'Afrique centrale, Annales série in-8°, Sciences géologiques*, 70, 1970.
- L. TAVERNE. Dercetidae du Cénomaniens du Zaïre. *Musée royal d'Afrique centrale, Tervuren (Belgique), Département de géologie et minéralogie*, Rapport annuel :93–112, 1987.
- N. THÉOBALD and A. GAMA. *Géologie générale et pétrologie*. Doin - Deren et Cie, troisième édition, 1969a.
- N. THÉOBALD and A. GAMA. *Paléontologie*. Doin - Deren et Cie, deuxième édition, 1969b.
- N. THÉOBALD and A. GAMA. *Stratigraphie*. Doin - Deren et Cie, deuxième édition, 1969c.
- R. THOM. *Stabilité structurelle et morphogénèse*. InterEditions, deuxième édition, 1977.
- F. THOMAS, T. LEFÈVRE, M. RAYMOND, and al. *Biologie évolutive*. De Boeck, 2010.
- TIBBO, DAY, and DOUCET. The swordfish (*Xiphias gladius* L.) : its life-history and economic importance in the northwest atlantic. *Bull. Fisheries Research Board of Canada, Ottawa*, 130, 1961.
- F. VERGER. Entre terre et mer : des zones à préserver. *Pour la Science*, 410 :38–44, 2011.
- R VERNIORY. *Atlas de paléontologie des invertébrés*. Ed. Georg., Genève, 1970.
- A. VILCINSKAS. *La vie sous-marine des tropiques*. Vigot, 2002.
- L. VILLIER, D. NÉRAUDEAU, B. CLAVEL, C. NEUMANN, and B. DAVID. Phylogeny of early cretaceous spatangoids (Echinodermata : Echinoidea) and taxonomic implications. *Palaeontology*, 47, Part 2 :265–292, 2004.
- E. I. WHITE. Fossil fishes of Sokoto province. *Bull. Geol. Surv. Nigeria, Lagos*, 14 :1–78, 1934.
- WRIGHT, COLLEMAN, and HOWARTH. *Treatise of Invertebrate Paleontology*. u.e., ca. 1980.
- C. W. WRIGHT, J. H. CALLOMAN, and M. K. HOWARTH. *Treatise on invertebrate paleontology*. Geological Society of America and Univ. of Kansas, 1996.
- R. ZARDOYA and A. MEYER. The evolutionary position of turtles revised. *Springer-Verlag*, 2001.

Paléotaxons. The paleobiology database, ca. 2011. URL <http://paleodb.org/cgi-bin/bridge.pl>.

Poissons. Fishbase www : taxinomie des poissons, ca. 2000. URL <http://ibs.uel.ac.uk/fish-bin/fishfam.pl>.

Homology. *Nomenclature and homologization of cranial bones in actinopterygians*, volume 4, 2005. Proceedings of the international meeting Miraflores de la Sierra. URL http://www.pfeil-verlag.de/07pala/d3_80a.php.

Vertébrés. Notes sur les Vertébrés, ca. 2000. URL <http://home.houston.rr.com/vnotes/index.htm>.

Table des figures

1	Carte géologique de l'Afrique de l'ouest	3
2	Géologie de la région de Kao	5
3	La transgression maastrichtienne	6
4	Région de Kao : paléogéographie et géologie	6
5	Squelette de <i>Stratodus in situ</i>	7
6	Squelette de <i>Stratodus</i> préparé	7
7	Coupes sagittales de vertèbres de <i>Stratodus</i>	11
8	Statistique des vertèbres de <i>Stratodus</i>	12
9	Statistique des vertèbres de <i>Stratodus</i>	13
10	Mesures sur une vertèbre de <i>Stratodus</i>	16
11	Altérations des vertèbres de <i>Stratodus</i>	17
12	Distributions d'angulaires et vertèbres de <i>Stratodus</i>	18
13	Deux distributions chez <i>Stratodus</i>	18
14	Distributions chez <i>Stratodus</i> : diagrammes de BODE	19
15	Diagrammes de BODE compilés	20
16	Fonctions de distributions résiduelles chez <i>Stratodus</i>	22
17	Natalité modèle de <i>Stratodus</i>	23
18	Courbes de croissance	25
19	Natalité de <i>Stratodus</i>	25
20	Natalité de <i>Stratodus</i> d'après angulaires	26
21	Attracteurs étranges	27
22	Natalité et taux de survie de <i>Stratodus</i>	28
23	Démographie de <i>Stratodus</i>	29
24	Effectif et biomasse de <i>Stratodus</i>	29
25	Queue du <i>Stratodus STR8</i>	32
26	Hauteurs des vertèbres de <i>Stratodus</i>	32
27	Tête de <i>Stratodus indamanensis</i> : reconstruction	34
28	Schéma de <i>Stratodus</i>	38
29	Angulaire de <i>Stratodus</i>	41
30	Dessin de <i>Stratodus</i>	46
31	Trois scutelles	49
32	Queue du spécimen <i>STR8</i>	50
33	Scutelles de <i>Stratodus</i>	50

34	Scutelles d'un Carangidae	52
35	Synostoses vertébrales chez <i>Stratodus</i>	54
36	Vertèbres V1 de <i>Stratodus indamanensis</i>	61
37	Dentaire de <i>Ministratodus kehehensis</i>	69
38	Reconstitution de <i>Ministratodus kehehensis</i>	71
39	Crâne de <i>Stratodus apicalis</i>	75
40	Première vertèbre attribuée à <i>Stratodus apicalis</i>	75
41	Dents cannelées attribuables à <i>Stratodus apicalis</i>	76
42	<i>Stratodus oxypogon</i> : Matériel d'ARAMBOURG	78
43	Localisations des Dercetidae et Stratodontidae	80
44	Localisations des Stratodontidae	81
45	Stratodontidae : ACP	83
46	Stratodontidae : arbre ultramétrique	83
47	<i>Synodus variegatus</i>	84
48	Comparaison des alvéoles dentaires	86

Table des planches

1	Tête de <i>Stratodus indamanensis</i> : reconstitution externe	35
2	Os dentés du museau de <i>Stratodus indamanensis</i>	36
3	Os du crâne de <i>Stratodus</i>	37
4	Crânes de <i>Stratodus</i>	39
5	Éléments du crâne antérieur du <i>Stratodus STR2</i>	40
6	Neurocrâne de <i>Stratodus indamanensis</i>	42
7	Ectoptérygoïde et maxillaire de <i>Stratodus indamanensis</i>	43
8	Prémaxillaire et pharyngiens de <i>Stratodus indamanensis</i>	44
9	Mâchoires de <i>Stratodus</i>	45
10	Détails du squelette IND1999-STR12	48
11	Diverses scutelles	51
12	3 dents de <i>Stratodus indamanensis</i>	55
13	Alvéoles dentaires de <i>Stratodus indamanensis</i>	56
14	Scutelles et actinotriches de <i>Stratodus indamanensis</i>	57
15	Mesures sur les crânes de <i>Stratodus indamanensis</i>	63
16	Mesures sur les vertèbres de <i>Stratodus indamanensis</i>	64
17	Dentaires de <i>Ministratodus</i>	68
18	Différentes vertèbres attribuées à <i>Ministratodus kehehensis</i>	72
19	Premières vertèbres attribuées à <i>Ministratodus kehehensis</i>	73
20	Crâne présumé et reconstruction de <i>Ministratodus</i>	74
21	Comparaison de vertèbres de divers <i>Stratodus</i>	88
22	<i>Stratodus</i> du Kansas	89

Liste des tableaux

1	Caractères des Stratodontidae I	77
2	Caractères des Stratodontidae II	78