

## Racines ou terriers ?

### Critères de distinction à partir de quelques exemples du Tertiaire continental et littoral du bassin de Paris et du midi de la France.

### Conséquences paléogéographiques

par JEAN-CLAUDE PLAZIAT \*.

PLANCHES XIV, XV ET XVI.

*Sommaire.* — Après un rappel des critères généraux de distinction entre racines et terriers, plusieurs exemples sont pris pour discuter l'origine de structures, moulages ou fantômes, généralement considérées comme des traces de racines fossiles : les grès et sables du Bartonien du bassin de Paris et les sables stampiens de Champlan, à racines et *Ophiomorpha*, et les terriers écailleux et striotubules continentaux du Crétacé terminal à l'Éocène moyen du domaine pyrénéo-provençal. L'utilisation paléogéographique de ces structures est justifiée par l'étude de leur répartition paléoécologique.

#### INTRODUCTION.

Racines ou terriers ? La querelle est bien ancienne [26] et peut sembler définitivement sans objet : la paléoichnologie fait depuis longtemps une place honorable à l'étude des galeries et terriers fossiles [13, 9, 3], on est donc loin maintenant d'attribuer tous les canalicules, ramifiés ou non, à des moulages de végétaux. Cependant, il faut reconnaître que l'abondante littérature récente est surtout consacrée aux formes les plus complexes, les plus énigmatiques, si bien que l'on tend à négliger les types banals au point de ne plus savoir les reconnaître.

Pourtant la nécessité de distinguer ces traces biologiques est devenue essentielle, surtout depuis que l'on a appris à rechercher les paléosols et qu'on a constaté que ceux-ci s'installent aussi bien sur les dépôts marins fraîchement émergés que sur les immenses plaines d'inondation des domaines molassiques. Il est inutile d'insister sur les conséquences paléogéographiques de la confusion entre racines et terriers d'organismes marins mais il est évidemment aussi important de dis-

tinguer les terriers continentaux des terriers sous-marins.

Avant d'aborder les exemples particuliers qui justifient cette note, il semble donc utile de passer en revue les principaux caractères morphologiques et structuraux qui peuvent servir à distinguer les moulages de racines des remplissages des terriers.

#### RAPPEL DES CRITÈRES GÉNÉRAUX DE DISTINCTION ENTRE RACINES ET TERRIERS.

Nous ne considérerons que les structures qui peuvent être confondues avec des racines, c'est-à-dire celles qui traversent les sédiments perpendiculairement ou plus ou moins obliquement à la stratification, répondant à la définition de « traces endogènes tubulaires, simples ou ramifiées » de J. Lessertisseur [13].

\* Lab. de géologie structurale et appliquée, Univ. Paris-Sud, 91-Orsay. Note présentée à la séance du 24 mai 1971.

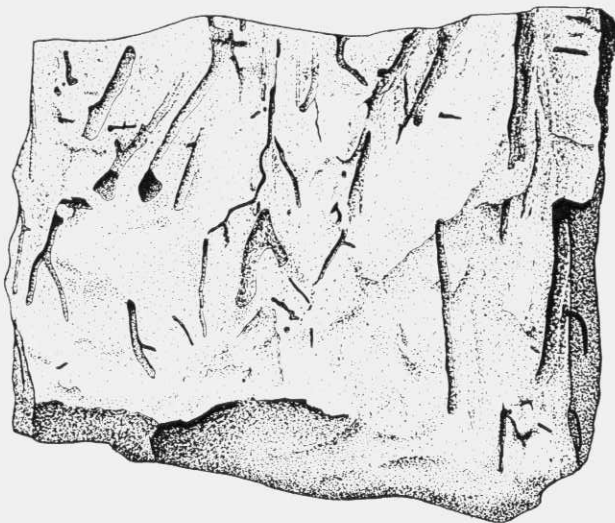


FIG. 1. — Calcaire continental à moules de racines. Maestrichtien continental (Bégudo-Rognacien), S du bassin de Villeveyrac (Hérault). Coll. Freytet.  $\times 2/3$ .

La principale différence porte sur le diamètre qui reste sensiblement constant sur toute la longueur de chacun des tubes correspondant à un terrier ou à une galerie puisque habituellement l'organisme générateur ne change pas de diamètre très rapidement. Il existe parfois des « chambres d'habitation », qui constituent des élargissements en ampoules, mais elles sont bien particulières et facilement reconnaissables. Dans



FIG. 2. — Calcaire oolithique à perforations cylindriques, longues et fines. Bajocien inférieur, S de Nancy (Meurthe-et-Moselle).  $\times 2/3$ .

le cas des moulages de racines, au contraire, l'irrégularité du diamètre est la règle. Des aspérités et des plis longitudinaux affectent souvent le tube ou son moule interne. Il y a cependant des exceptions : on connaît les tubulures irrégulières de la craie jaune de Meudon [4] et des terriers semblables décrits dans la craie d'Angleterre [2]. Il existe aussi des racines exceptionnellement régulières et que l'on ne peut reconnaître sur ce seul critère. Rappelons en outre que certaines perforations des calcaires à oolithes jurassiques (fig. 2), de faible diamètre vis-à-vis de leur longueur (1 à 5 mm pour plusieurs centimètres de long), pourraient être confondues avec des racines ou terriers, mais un examen attentif montre que les grains du pourtour (oolithes ou fossiles) sont tranchés comme à l'emportepièce. Ceci implique une perforation post-lapidification [24] incompatible avec l'action des fousseurs et de racines. Ceux-ci ne peuvent qu'écarter les grains pour s'insinuer entre eux, contrairement à l'idée accréditée par l'observation de racines actuelles installées dans les canalicules des calcaires lacustres laissés vides par la disparition des racines fossiles.

*Le mode de fossilisation et la continuité* : dans les sables et grès les racines sont généralement préservées à l'état de canalicules vides ou remplis tardivement de calcite, ou bien à l'état de « fantômes » dessinés par la matière organique ou une précipitation ferrugineuse favorisée probablement par la décomposition de la matière organique et non par le « pompage radicaire » comme on le dit parfois.

Par contre les terriers sont le plus souvent conservés à l'état de remplissages qui se distinguent par leur dureté relative, leur structure interne ou leur coloration (en section). De ce fait il est compréhensible que dans les grès les moulages de racines soient très souvent discontinus, séparés par des planchers plus ou moins épais, constitués par le sable encore meuble qui a étranglé puis tronçonné la racine pourrissante avant d'être cimenté (fig. 3). On observe le même phénomène de fissuration dans l'évolution diagenétique des bois flottés du Houiller : les fentes périphériques sont remplies par le sable encore fluide. Dans les boues calcaires, la plasticité est également assez durable pour qu'au cours de la diagenèse précoce, les canalicules soient fréquemment oblitérés, le tracé des racines étant réduit à un chapelet de courts canalicules ouverts, irrégulièrement alignés (fig. 5). Par contre les discontinuités des terriers ne sont guère dues qu'au croisement d'autres terriers plus récents, de diamètre identique ou différent,

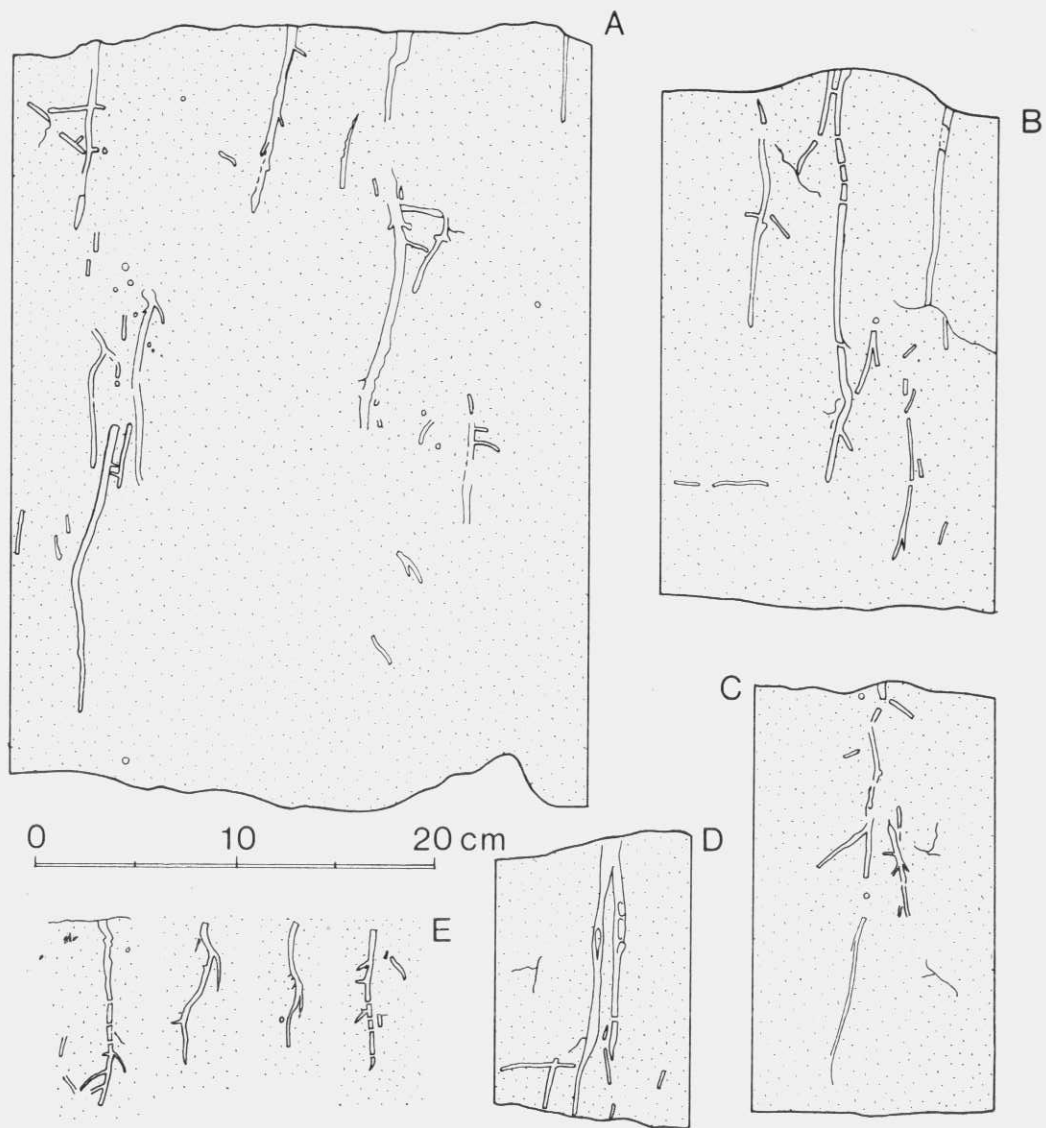


FIG. 3. — Moules de racines. Grès bartonien de Ronquerolles (Oise).  
Canalicules interrompus par des cloisonnements gréseux.

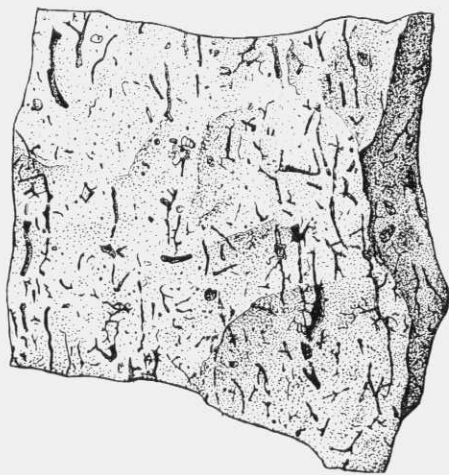


FIG. 4. — Calcaire à canalicules fins.  
Pliocène continental, N d'Aix-en-Provence.  $\times 2/3$ .

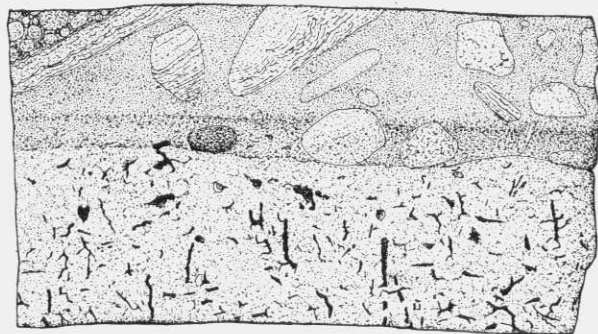


FIG. 5. — Calcaire à granules surmontés par une brèche à élément de croûte zonaire. Les canalicules sont interrompus par le tassement des granules. Calcaire de Beauce de Prasville.  $\times 2/3$ .

qu'il est difficile de suivre : ils ne restent généralement pas dans le plan de section de l'affleurement.

*Les bifurcations et ramifications* : elles sont communes, aussi bien dans les terriers que dans les racines. Cependant les racines se subdivisent le plus souvent en un système de second ordre de plus petit diamètre, qui se raccorde au premier avec des angles plus ou moins obtus, incliné dans le même sens : vers les régions distales, le bas habituellement.

Les bifurcations de terriers sont en général beaucoup moins nombreuses et comme elles correspondent à l'activité du même organisme, le diamètre reste généralement inchangé. Il faut cependant admettre que certains « chevelus » réalisés par l'entrecroisement de terriers peuvent prêter à confusion, surtout si leurs diamètres sont assez divers. Mais l'observation précise des points de croisement permet en général de lever le doute (pl. XV, fig. 3 et 6).

#### DESCRIPTION ET INTERPRÉTATION DES STRUCTURES DU PALÉOGÈNE PRISES COMME EXEMPLES.

##### I. Grès et sables du Bartonien du bassin de Paris.

C'est devenu le gisement des grès à racines le plus connu, surtout depuis les études de Ch. Pomerol et la mise en évidence de paléosols au cours et à la fin de l'Auvervien [22]. Les relevés de la figure 3 (carrière de Ronquerolles) montrent l'état de conservation exceptionnel de certains de ces moules de racines. Leur attribution indiscutable permet de s'en servir comme référence.

Dans la carrière de sables marinésiens du Ruel (Vexin français), nous avons observé un niveau de sable blanc à racines à la limite du Ludien (pl. XIV, fig. 6) mais, cette fois-ci, c'est sous la forme de « fantômes » ferrugineux qu'elles apparaissent. Le chevelu est plus dense et l'angle d'émission des ramifications plus aigu mais ce sont des variations morphologiques banales, sans signification. Moins d'un mètre plus bas, on observe au contact des sables blancs sur un niveau sableux brunâtre, humifère, un réseau confus de tubes entrecroisés. Ceux-ci sont particulièrement bien visibles lorsqu'ils pénètrent dans la couche brune (pl. XV, fig. 7). Un dégagement délicat (pluie et vent) permet de détailler leur morphologie (pl. XVI, fig. 13) : ils correspondent au type *Ophiomorpha* (paroi construite à l'aide de boulettes sableuses apparentes à l'extérieur du tube tandis que l'intérieur est parfaitement lisse) qui est généralement attribué à un Crustacé et plus particulièrement

comparé aux terriers de *Callianassa* sabulicoles littoraux (fig. 6 et [28]). Le terrier des sables inférieurs marins de Ronquerolles, figuré par Pomerol et Feugueur [1968, p. 143], appartient au même groupe.

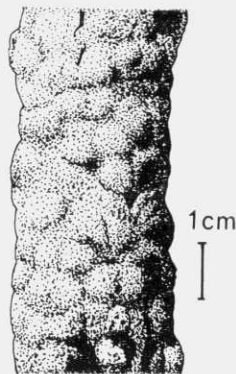


FIG. 6. — Terrier de *Callianassa major* SAY d'après une photo in Weiner et Hoyt [1964]. Morphologie externe en boulettes. Littoral atlantique américain, actuel.

On met ici en évidence le phénomène classique de superposition des indices de milieu marin et de milieu continental. Il est en effet assez fréquent, dans le Bartonien du bassin de Paris, de voir un dépôt laguno-marin tout juste émergé être colonisé par une végétation subaérienne susceptible de constituer un véritable sol. Le laps de temps qui s'écoule entre la fixation des deux sortes d'indices ne saurait être précisément estimé mais il est certain qu'il doit être important lorsque l'indice d'émersion est un profond paléo-podzol grésifié (Moisselles [22]).

Du point de vue paléogéographique il est en tout cas intéressant de noter l'existence au Ruel d'une émersion — même locale — à ce niveau du Bartonien.

##### II. Les sables stampiens de la carrière Longuet à Champlan (Essonne).

La grande carrière, qui entaille le flanc E de la butte Chaumont, montre une coupe remarquable de la majeure partie des sables de Fontainebleau, jusqu'au calcaire de Beauce inférieur. Elle a motivé une étude récente très détaillée [16] qui a mis en évidence, immédiatement sous le calcaire, une formation dunaise installée sur une topographie d'érosion éolienne colonisée par une végétation (niveaux humifères de bas-fond). L'existence de racines a été également soulignée, non seulement sous les horizons pédogénétiques mais dans toute la masse des sables marins de la carrière.

En fait, il faut distinguer deux sortes de structures : les unes (pl. XV, fig. 4) répondent parfaitement aux caractéristiques de racines (disposition, irrégularité, fossilisation par cimentation ferrugineuse du sable, sans canal axial). Elles s'opposent aux « manchons » que l'on voit à tous les niveaux, en section ou en volume, lorsque les vents d'hiver les dégagent avec délicatesse sur les parties exposées du front de taille. Il est préférable de renvoyer aux illustrations pour éviter une description fastidieuse (pl. XV, fig. 1-3).

On retrouve là les caractéristiques des *Ophiomorpha* du Ruel, beaucoup mieux exposés et surtout beaucoup plus diversifiés. On voit en effet une extrême variété de diamètres, des dispositions verticales, horizontales, ramifiées, des recoupements, des formes où les boulettes sont très petites, allongées en grains de riz et font le passage au type *Granularia* (pl. XV, fig. 5). En tout cas la morphologie interne du manchon (rigoureusement cylindrique et lisse) et les caractères morphologiques externes ne paraissent pas compatibles avec une origine végétale.

La composition particulière des « manchons », qui a incité les auteurs à les interpréter comme le produit de concentration de  $\text{CaCO}_3$ , d'oxydes de fer et de manganèse et d'argile, par pompage latéral des racines, est d'ailleurs explicable : on sait que les *Callianassa* incorporent au sable

une sécrétion qui sert de liant quand ils façonnent les boulettes en les malaxant [12]. Il est certain que cette matière organique a joué un rôle (comme les racines pourrissantes) pour localiser la faible précipitation diagénétique de calcaire et d'oxydes qui renforce la cohésion de ces manchons ou des fantômes de racines. Il ne faut pas s'étonner non plus de trouver une différenciation granulométrique puisque le matériel utilisé par le constructeur était naturellement emprunté aux niveaux sous-jacents.

Si l'on tient compte de cette distinction entre racines et terriers, on constate que la répartition des racines stampiennes est limitée au niveau des sables qui supporte l'horizon humifère et n'atteint que rarement le premier niveau des terriers *Ophiomorpha* (fig. 7). Par contre ceux-ci sont répartis dans tous les niveaux inférieurs, à stratifications obliques ou non, à coquilles dissoutes de Lamellibranches ou à tests de Balanes et Bryozoaires. Nos conclusions paléogéographiques sont bien entendu différentes de celles proposées par les précédents auteurs, qui déduisaient de l'ubiquité des racines une mer pelliculaire se retirant à plusieurs reprises. Mais, s'il n'y a pas eu d'émersion avant le façonnement éolien à notre avis, la mer ne devait pourtant pas être très profonde comme le suggèrent les stratifications obliques et entrecroisées, la fréquence des restes de Balanes dans

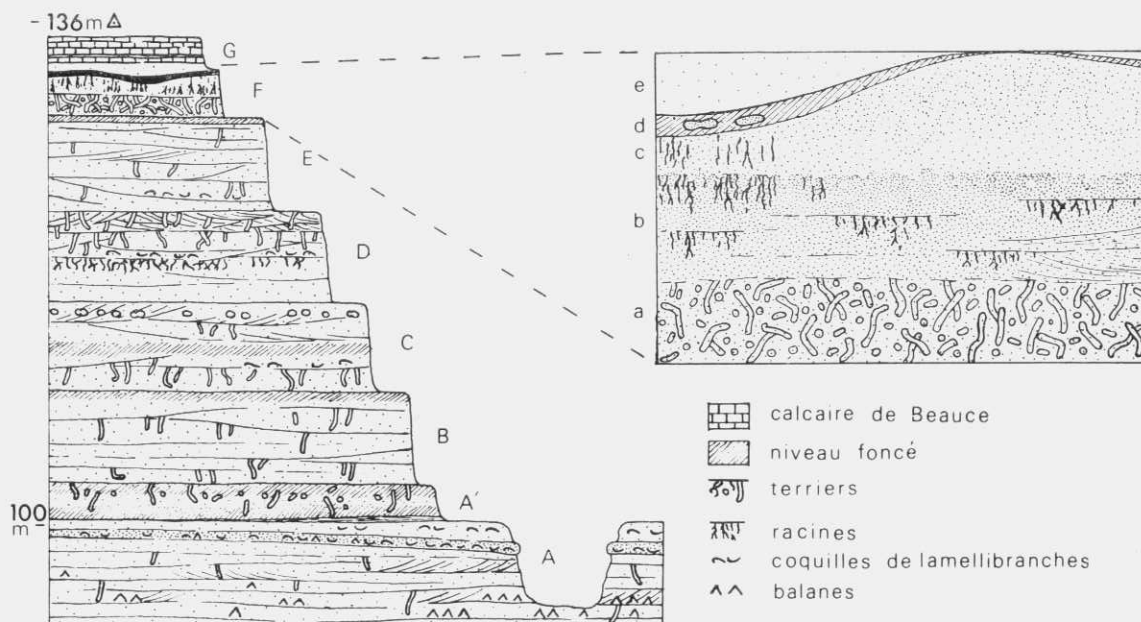


FIG. 7. — Répartition schématique des terriers et racines dans la carrière de Champlan (Essonne). Le détail de F montre la superposition des niveaux à racines sur celui à terriers très enchevêtrés. d : niveau très riche en matière organique, à rognons gréseux ; e : le sable éolien.

les niveaux inférieurs et surtout l'abondance de ces terriers attribuables aux Thallassinides (Weiner et Hoyt [8], Plaziat et Secrétan [21], malgré les réserves de Seilacher [27]).

III. *Les terriers continentaux du domaine pyrénéo-provençal, du Crétacé terminal à l'Éocène moyen* : bien qu'extrêmement répandus dans les limons, grès et même calcaire de ces formations fluvio-palustres, ces terriers, parfois considérés comme moulages de racines ou rhizomes, semblent n'avoir jamais donné lieu à une étude systématique. Seule M<sup>me</sup> Fabre-Taxy a fourni quelques spécimens de remplissages de terriers du Maestrichtien de Provence à M. Lessertisseur. L'état de conservation des échantillons a conduit ce dernier à les déterminer comme proches des *Ophiomorpha* dont il rappelle qu'on les attribue à des Crustacés (*in* [5]). Si l'on précise que c'est à des Crustacés marins que l'on fait référence, il est évident que ceci posait un problème paléogéographique : la mer, à cette époque, est à des distances considérables.

En règle générale, ces remplissages de terriers n'apparaissent qu'en sections dans la masse des sédiments (pl. XVI, fig. 4 et 6). Leur structure interne est caractéristique : ce sont des feuilletts concaves, irréguliers, emboîtés les uns dans les autres. Le pédologue R. Brewer, dans son traité sur la structure et l'analyse minéralogique des sols [1], nomme *striotubules* les remplissages de terriers ainsi structurés et les attribue à l'action des fousseurs. Notons dans ces terriers fossiles que les diamètres de 1 à 1,5 cm prédominent systématiquement. Habituellement les remplissages sont un peu plus tendres que le sédiment induré qui les contient et l'altération les désagrège facilement, mettant en évidence la structure emboîtée ou laissant une cupule à la surface du banc. Il arrive plus rarement qu'ils soient assez fortement cimentés et que, traversant un niveau marneux, ils puissent être dégagés par le ruissellement naturel et le lessivage de la marne (pl. XIV, fig. 2 et pl. XVI, fig. 1-5). C'est le cas des spécimens récoltés par M<sup>me</sup> Fabre-Taxy et j'ai eu l'occasion d'en observer un assez grand nombre, provenant de niveaux variés : Rognacien (Maestrichtien sup.) du bassin d'Aix-en-Provence et du bassin de Tremp (Espagne), Vitrollien (Thanétien inf.) de Tournissan (Aude), Sparnacien de Caunettes-en-Val (Aude) et Lutétien du Minervois (Rieux-Minervois). Tous ces moulages de terriers montrent une morphologie externe en écailles transversales disposées en anneaux plus ou moins confus (pl. XV, spécia-

lement fig. 3). Dans le cas de remplissage grossier (sableux) une usure excessive portant sur une morphologie confuse peut faire penser à une structure de paroi construite en boulettes d'*Ophiomorpha* (pl. XVI, fig. 1) mais il existe généralement sur le même affleurement des échantillons plus frais où les écailles sont reconnaissables (pl. XVI, fig. 10).

Ces « terriers écailleux » sont rarement rectilignes, ils ondulent, s'allongent horizontalement et montent même légèrement avant de reprendre leur descente. Nous n'avons pas observé de trajet en U et très peu de bifurcations. Le gisement sparnacien de Caunettes-en-Val est particulièrement instructif : les terriers descendent à partir d'un banc limoneux gris, déposé en milieu lacustre puisqu'il m'a fourni des Physes et Paludines à son sommet, et se poursuivent dans la marne sous-jacente. Les terriers sont en creux dans le grès limoneux et en relief (calcaire très dur) dans le niveau marneux (pl. XIV, fig. 3) ; le moulage est donc particulièrement fidèle et permet d'étudier de près le système d'écailles. Celles-ci sont généralement intriquées de façon complexe mais de rares spécimens permettent de montrer que cela est dû à la superposition irrégulière de systèmes d'anneaux régulièrement espacés (2 mm), formés d'écailles presque jointives formant un relief abrupt vers le bas et s'insérant progressivement vers le haut (pl. XVI, fig. 3, 4 et 11). Les moulages portant un seul système d'anneaux sont extrêmement rares et n'existent pas dans tous les gisements. On retrouve cependant le même motif d'anneaux d'écailles dans les autres cas cités (fig. 8 et pl. XVI, fig. 10 à 14). Il semble donc vraisemblable d'attribuer ces terriers à des organismes vermiformes, probablement des Annélides.

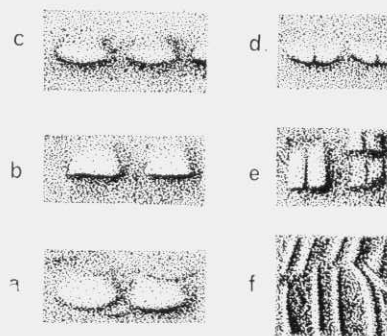


FIG. 8. — Différents types d'écailles. a : Rognacien de Châteauneuf-le-Rouge ; b : Vitrollien sup. de Lagrasse ; c : Sparnacien de Caunettes-en-Val ; d, e, f : divers aspects des écailles bifides passant aux griffures doubles. Lutétien de Rieux-Minervois.

Dans le gisement lutétien de Rieux-Minervois, on constate une double variante : d'une part chaque écaille est échancrée d'une encoche médiane et d'autre part on peut voir le type écaillé passer progressivement à une morphologie en griffures longitudinales plus ou moins longues et irrégulières (fig. 8 *d-f* et pl. XVI, fig. 14-18). Il faut donc cesser d'admettre que tous les terriers à griffures sont nécessairement dus à des Arthropodes. On peut voir, en comparant ces griffures (pl. XVI, fig. 9) à celles de « Rhizolithes » marins [10] et des terriers de Courthillères (obs. person.), que leur longueur, leur orientation oblique et leur répartition en chevrons ne constituent pas des caractères distinctifs. Cependant ils sont généralement associés aux terriers écaillés d'une répartition moins vaste.

Nous avons aussi observé à plusieurs reprises que lorsque les terriers écaillés recourent des bancs indurés, ils montrent une structure en striotubules tout à fait classique (pl. XVI, fig. 3). L'irrégularité et la confusion des couches en verre de montre, sur les échantillons altérés comme en lame mince (pl. XVI, fig. 7), nous semblent dues à la même cause que la superposition irrégulière des anneaux d'écaillés externes. En effet, une lame longitudinale réalisée dans un spécimen portant un seul système d'anneaux nous a montré un espacement des couches identique à celui des anneaux et une différenciation structurale qui ressemble à un granoclassement : les particules les plus grossières (claires) apparaissent brusquement puis se raréfient progressivement (pl. XVI, fig. 8).

Il est donc tentant d'assimiler terriers écaillés et striotubules, d'autant plus que leurs modes de conservation sont le plus souvent exclusifs.

La structure en verre de montre n'est pas simplement due au tassement naturel du remplissage des terriers. Ce type n'est pas particulier aux striotubules et nous l'avons observé dans les terriers sous-marins de Moisselles (Val-d'Oise) où la concavité n'est plus tournée vers le haut mais au contraire vers le bas (pl. XIV, fig. 5). Il s'agit donc d'une structuration liée à l'activité de l'organisme. D'ailleurs Brewer précise qu'il ignore pourquoi certains pédotubules sont ainsi structurés tandis que d'autres ne montrent pas de structuration interne (isotubules) ou un remplissage de granules (granou-aggotubules). On a vu, d'autre part, que l'espacement des cupules est lié à l'espacement des anneaux d'écaillés externes. Il est donc probable que ce sont les déplacements de l'organisme qui expliquent à la fois l'ornementation

et la structure du remplissage. On connaît une ornementation annelée comparable dans le « puits de queue » du tube en U d'Arénicole [30], c'est-à-dire dans la partie postérieure de la galerie stable où se tient l'annélide pendant qu'elle fait descendre le sable par le « puits de tête » [29]. Il n'est pas pensable, vu leur habitat continental, d'attribuer les terriers écaillés à ces Polychètes marines mais on peut remarquer que la morphologie des écaillés évoque les paquets de soies et papilles qui ornent les anneaux de certaines Polychètes, mieux à leur place dans ce milieu.

La structure en striotubules constitue un indice précis de milieux continentaux plus ou moins hydromorphes mais il nous paraîtrait excessif de le considérer comme caractéristique étant donné sa faible différenciation (possibilité de convergences). Par contre les « terriers écaillés » sont aussi sûrement caractérisés par leur morphologie que beaucoup de tests fossiles. Nous ne nous permettrons pas d'élever ce type de terriers au grade de genre paléolithologique, mais nos observations nous amènent à lui accorder le rôle d'indicateur fidèle de faciès continentaux, du moins dans le Paléogène méridional. On peut même envisager que les différentes formes d'écaillés (fig. 8) aient une valeur stratigraphique sur le plan local (Languedoc).

#### CONCLUSION.

Cette revue, très incomplète mais critique, de quelques structures sédimentaires dont certaines sont attribuées, à tort ou à raison, à d'anciennes racines, confirme la nécessité d'étudier très minutieusement ce que l'on nomme, souvent trop vite, racines, terriers ou bioturbations.

L'étude détaillée des terriers écaillés permet de mettre en garde contre des confusions avec les formes apparemment semblables du domaine marin (*Ophiomorpha* et rhizolithes) et de justifier par conséquent l'emploi spécifique de ces traces d'activités animales.

A cette condition, bien des problèmes anciens se simplifient et l'on constate que l'emploi de ces humbles indices peut être extrêmement significatif du point de vue paléocéologique. Puisque la cartographie paléogéographique commence à être prise au sérieux, il paraît indispensable de ne négliger aucune observation, à condition de justifier son interprétation. Ainsi, pour caractériser le domaine continental, les indices de pédogenèse et maintenant les terriers (t. écaillé-

leux et striotubules) s'ajoutent aux traces de racines trop longtemps identifiées de façon sommaire. Réciproquement une meilleure connaissance des *Ophiomorpha* permet d'attribuer avec certitude au domaine marin certains niveaux de sables azoïques.

### Bibliographie.

- [1] BREWER R. (1964). — Fabric and Mineral Analysis of Soils. 470 p., 132 p., J. Wiley éd., N. Y., London.
- [2] BROMLEY R. G. (1967). — Some observations on burrows of thalassinidean Crustacea in chalk hardgrounds. *Quart. Journ. geol. Soc. London*, vol. 123, p. 157-182, 5 fig., pl. 7-11.
- [3] CRIMES T. P. et HARPER J. C. (1970). — Trace fossils. 1 vol., 547 p., fig. *Geol. Journ., Spec. issue*, n° 3, Seel House Press, Liverpool.
- [4] ELLENBERGER F. (1947). — Le problème lithologique de la craie durcie de Meudon. Bancs-limites et « contacts par racines » ; lacune sous-marine ou émerision. *Bull. Soc. géol. Fr.*, (5), t. XVII, p. 255-274, 9 fig., pl. XI.
- [5] FABRE-TAXY S. (1959). — Faunes lagunaires et continentales du Crétacé supérieur de Provence. III. Le Maestrichtien et le Danien. *Ann. Paléont.*, t. 45, p. 53.
- [6] FREYET P. (1970). — Paléosols résiduels et paléosols alluviaux hydromorphes dans le Crétacé supérieur et l'Éocène basal du Languedoc. *Rev. Géogr. phys. Géol. dyn.*, (2), t. 13, p. 245-268.
- [7] GRAY J. (1968). — Animal locomotion. 1 vol., 479 p., nb. fig., 8 pl., coll. *The World naturalist*, Weidenfeld et Nicklson éd., London.
- [8] HÄNTZSCHEL W. (1952). — Die Lebensspur *Ophiomorpha* LUNDGÉN im Miozän bei Hamburg, ihre weltweite Verbreitung und Synonymie. *Mitteilungen geol. Statinst. Hamburg*, v. 21, p. 142-153, pl. 13-14.
- [9] — (1962). — Trace fossils and problematica. In *Treatise on invertebrate paleontology*, Moore éd., part W, p. 177-222, fig. 109-137.
- [10] HECKER R. F. (1965). — Introduction to paleoecology. 1 vol., 166 p., 31 fig., 17 pl., American Elsevier, N. Y.
- [11] JEANSON C. (1964). — Micromorphologie et pédologie expérimentale. In *Soil micromorphology*, Jongerius éd., p. 47-55, 3 tabl., 3 fig., Elsevier, Amsterdam.
- [12] LE GALL J. Y. (1969). — Étude de l'endofaune des pelouses de Zostéracées superficielles de la baie de Castiglione. *Téthys*, t. 1, p. 395-420, 4 fig., 7 tabl., 1 pl.
- [13] LESSERTISSEUR J. (1955). — Traces fossiles d'activité animale et leur signification paléobiologique. *Mém. Soc. géol. Fr.*, (nouv. sér.), n° 74, 150 p., 68 fig., 11 pl.
- [14] MACGINITIE G. E. (1934). — The natural history of *Callianassa californiensis* DANA. *Amer. Midl. Nat.*, t. 15, p. 166-177, pl. 5-6.
- [15] — (1935). — Ecological aspects of a California marine estuary. *Amer. Midl. Nat.*, t. 16, p. 629-765, 3 cartes, 21 fig.
- [16] MORAND F., RIVELINE-BAUER J. et TRICHET J. (1968). — Étude sédimentologique, paléogéographique et géomorphologique de la butte Chaumont (Champlan, Essonne). *Bull. Soc. géol. Fr.*, (7), t. 10, p. 627-638, 5 fig., 1 texte-pl.
- [17] PLAZIAT J.-C. (1970 a). — Conséquences stratigraphiques de l'interstratification de Rognacien dans le Maestrichtien supérieur d'Alava (Espagne). *C. R. Acad. Sc. Paris*, t. 270, p. 2768-2771.
- [18] — (1970 b). — Contribution à l'étude de la faune et de la flore du Sparnacien des Corbières septentrionales. *Cahiers de Paléont.*, 121 p., 67 fig., 15 pl., C. N. R. S. éd.
- [19] — (1970 c). — Suggestions pour tenter de dépasser la conception purement typologique des références stratigraphiques (Stratotypes) : une méthode paléocéologique. Colloque Méthodes et tendances de la Stratigraphie, Orsay, 1970. *Mém. B. R. G. M.*, n° 77 (à paraître).
- [20] — (1971). — Observations paléolimnologiques sur les lacs éocènes situés entre le Massif de Mouthoumet et la Montagne Noire (défroit de Carcassonne, Aude-Hérault). Remarques sur les incursions marines à prélude lacustre. Colloque de Paléolimnologie, Toulouse, avril 1971, 27 p. dactyl., 5 fig., 3 pl. (à paraître).
- [21] PLAZIAT J.-C. et SECRÉTAN S. (1971). — La faune de Décapodes des calcaires à Alvéolines des Corbières septentrionales (Aude). Étude paléontologique et interprétation paléocéologique des gisements. *Geobios*, t. 4, p. 117-142.
- [22] POMEROL C. (1964). — Sur la paléogéographie des « Sables d'Ezanville » et la présence de paléopodzols à la limite Auversien-Marinésien dans le Bartonien du Bassin de Paris. *C. R. somm. Soc. géol. Fr.*, fasc. 2, p. 48-51, 1 fig.
- [23] POMEROL Ch. et FEUGUEUR L. (1968). — Bassin de Paris. Ile de France. *Coll. Guides géol. régionaux*, Masson éd., 174 p., 82 fig., 16 pl.
- [24] PURSER B. H. (1969). — Syn-sedimentary marine lithification of middle Jurassic limestones in the Paris Basin. *Sedimentology*, t. 12, p. 205-230, 16 fig.
- [25] RAT P. (1969). — Esprit et démarches de la paléogéographie. Exemples dans le Bassin parisien. *Bull. Soc. géol. Fr.*, (7), t. II, p. 5-12.
- [26] SAPORTA G. DE (1882). — A propos des Algues fossiles. Masson éd.
- [27] SEILACHER A. (1967). — Bathymetry of trace fossils. *Marine Geol.*, vol. 5, p. 413-428, 4 fig., 2 pl.
- [28] WEINER R. J. et HOYT J. H. (1964). — Burrows of *Callianassa major* SAY, geologic indicators of littoral and shallow neritic environment. *Journ. Paleontol.*, t. 38, p. 761-767, 2 fig., 2 pl.
- [29] WELLES G. P. (1945). — Mode of life of *Arenicola marina* L. *Journ. Mar. Biol. Assoc. Unit. Kingdom*, vol. 26, n° 2, p. 170-207, 10 fig.
- [30] WOHLNBERG E. (1937). — Die Wattenmeer-Lebensgemeinschaften im Königshafen von Sylt. *Helgoländer wiss. Meeresuntersuchungen*, t. 1, p. 1-92, 67 fig.



LÉGENDE DES PLANCHES XIV, XV ET XVI.

PLANCHE XIV.

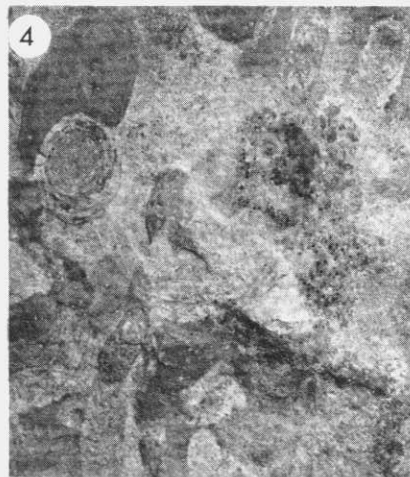
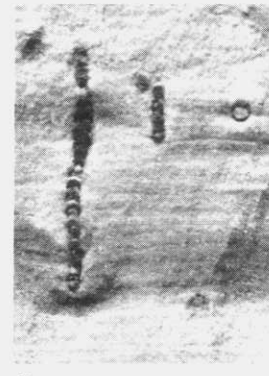
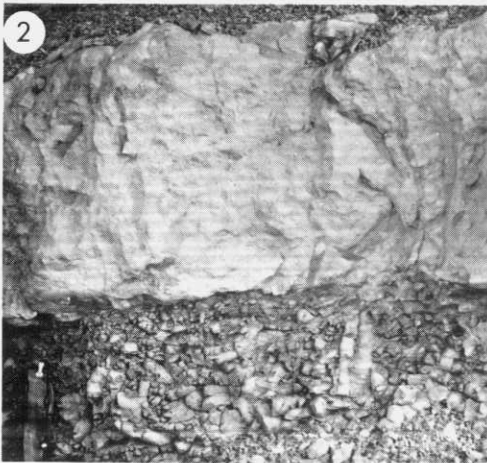
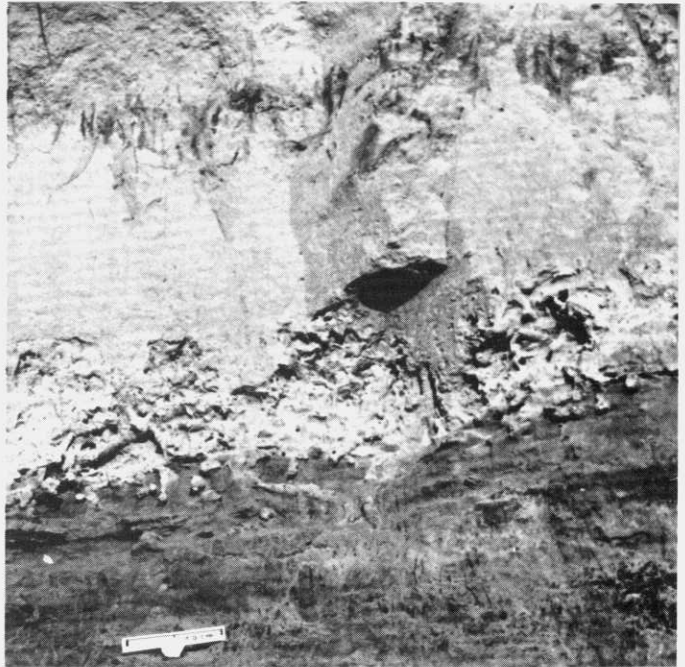
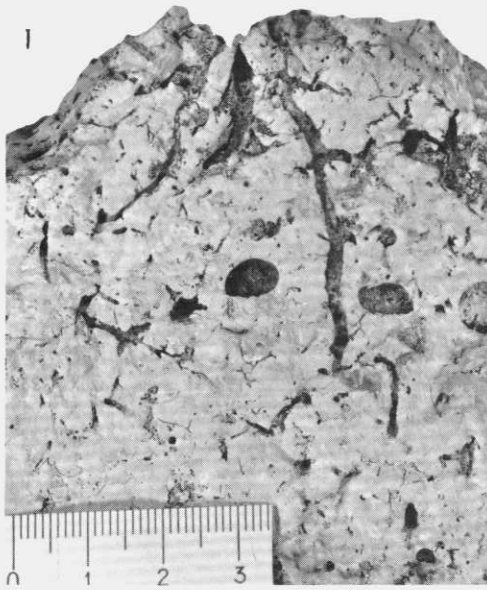
- FIG. 1. — Calcaire à canalicules (moules de racines) et Limnées. Calcaire de Beauce inf. La Queue de Vache, forêt de Fontainebleau (Seine-et-Marne). Grandeur nature.
- FIG. 2. — Terriers écailleux traversant successivement un banc de grès limoneux puis les marnes sous-jacentes. Lutétien de Rieux-Minervois (Aude).  $\times 1/8$ .
- FIG. 3. — Détail de deux remplissages de terriers à l'intérieur du banc. Structure de striotubule des remplissages et morphologie écailleuse visible sur le moule externe de gauche. Rieux-Minervois.  $\times 1,5$ .
- FIG. 4. — Section d'un banc de grès limoneux à striotubules. Rognacien du N de Santa Cilia (prov. de Huesca, Espagne). Grandeur nature.
- FIG. 5. — Terrier dans les sables de la base du niveau d'Ézanville. Les cupules ont leur concavité tournée vers le bas. Bartonien. Moisselles (Val-d'Oise).  $\times 1,5$ .
- FIG. 6. — Sable blanc à fantômes bruns de racines superposé au lacis de terriers qui pénètre dans le sable humifère. Marinésien. Le Ruel (Oise).
- FIG. 7. — Détail du front de taille supérieur de la carrière de Champlan (Essonne). Le niveau à fantômes de racines superposé au niveau à manchons (terriers). Stampien.

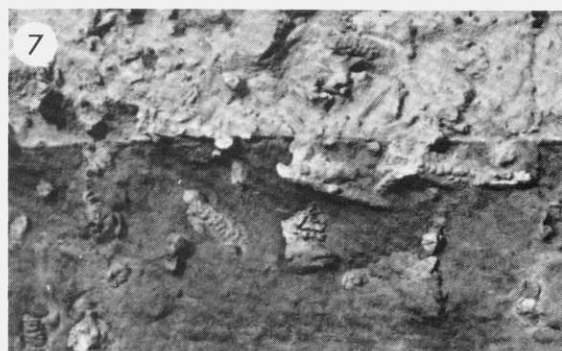
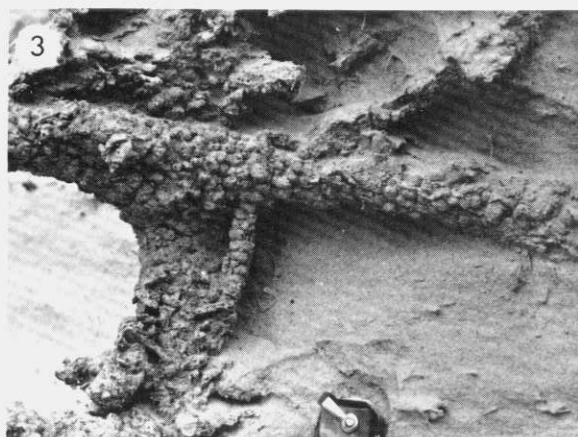
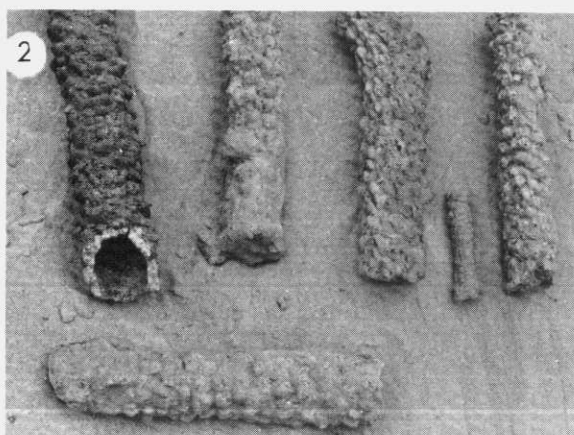
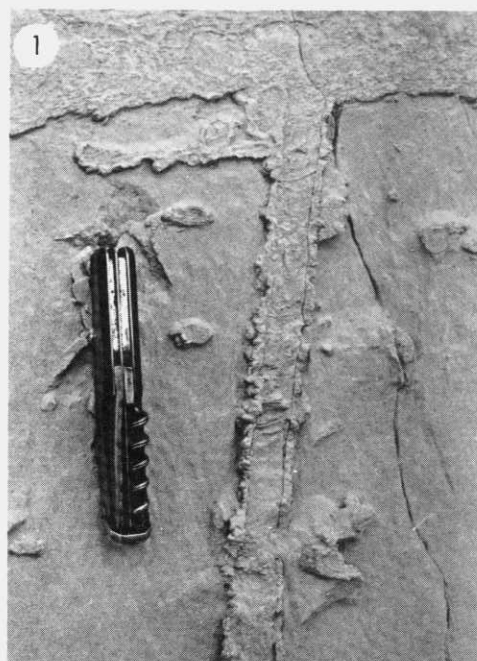
PLANCHE XV.

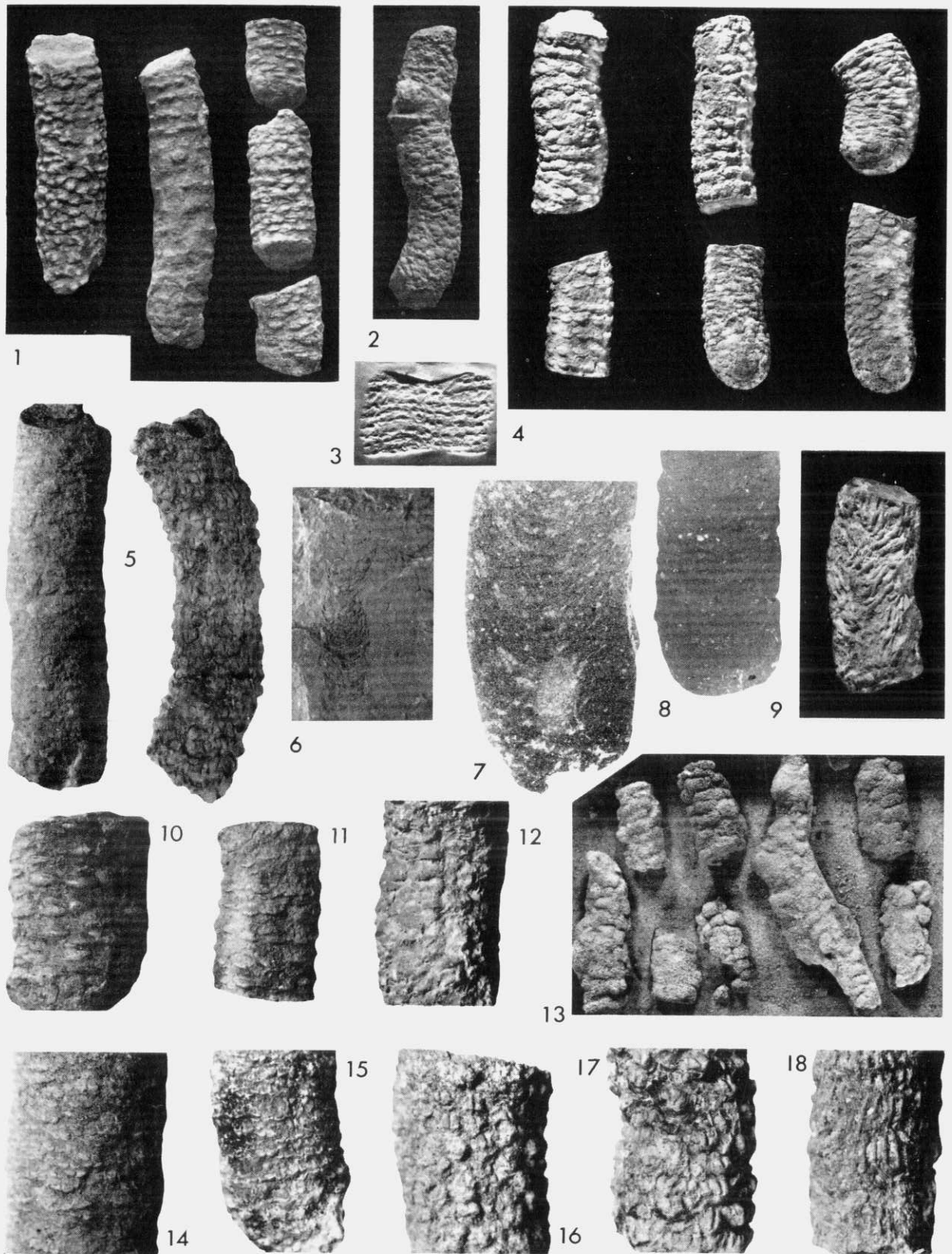
- FIG. 1. — Coupes longitudinales et transversales de terriers (*Ophiomorpha*) : paroi construite (manchon) à face interne lisse et face externe en boulettes. Noter les différences granulométrique et structurale entre le sable traversé par le terrier et la couche sus-jacente d'où celui-ci est issu. Champlan (Essonne). Stampien. Échelle : canif de 10 cm de long.
- FIG. 2. — *Ophiomorpha* de tailles variées. Tube construit en boulettes à peine cimentées. Champlan.  $\times 1/2$ .
- FIG. 3. — *Ophiomorpha* dégagés par le vent. Bifurcation du plus gros terrier croisé par de plus petits. Terriers très fins, différents, en haut et à droite. Champlan.  $\times 1/2$ .
- FIG. 4. — Racines dégagées par le vent. Haut de la carrière de Champlan.  $\times 1/3$ .
- FIG. 5. — Paquet de petits terriers à parois construites. Les granules qui constituent les parois sont plus petits et allongés en grains de riz. Milieu de la série de Champlan. Grandeur nature.
- FIG. 6. — « Chevelu » d'*Ophiomorpha* partiellement dégagé. Haut de la carrière de Champlan.  $\times 1/10$ .
- FIG. 7. — *Ophiomorpha* de la carrière du Ruel. Bartonien. Morphologie en boulettes des terriers situés de part et d'autre de la limite du sable humifère.  $\times 1/3$ .

PLANCHE XVI.

- FIG. 1. — Remplissages de terriers à morphologie écailleuse. A gauche aspect granuleux ; au centre : anneaux d'écailles régulièrement espacés ; à droite échantillons à écailles plus ou moins superposées. Rognacien. Châteauneuf-le-Rouge (Bouches-du-Rhône).  $\times 2/3$ .
- FIG. 2. — Remplissage calcaire de terrier écailleux. Vitrollien supérieur. Le col Rouge, Lagrasse (Aude).  $\times 2/3$ .
- FIG. 3. — Empreinte déroulée sur plastiline d'un terrier à un seul système d'anneaux d'écailles. Sparnacien. Caunettes-en-Val (Aude).  $\times 1/2$ .
- FIG. 4. — Remplissage de terriers écailleux. Sparnacien de Caunettes-en-Val (Aude). Grandeur nature.
- FIG. 5. — Terriers à écailles bifides plus ou moins profondément marquées. Lutétien de Rieux-Minervois (Aude). Grandeur nature.
- FIG. 6. — Striotubule dans un limon continental du Lutétien des Corbières. Grandeur nature.
- FIG. 7. — Lamme mince longitudinale de striotubule du Vitrollien. Col Rouge de Tournissan (Aude).  $\times 2$ .
- FIG. 8. — Lamme mince longitudinale d'un remplissage de terrier. Noter les couches apparemment granoclassées, espacées comme les anneaux d'écailles. Sparnacien de Caunettes-en-Val.  $\times 2$ .
- FIG. 9. — Remplissage de terrier à griffures entrecroisées. Sparnacien continental. Pech d'Agnel (S de Montlaur, Aude). Grandeur nature.
- FIG. 10. — Ornementation de terrier écailleux du Rognacien, Châteauneuf-le-Rouge (Bouches-du-Rhône).  $\times 1,6$ .
- FIG. 11. — *Id.* Terrier du Sparnacien. Caunettes-en-Val (Aude).  $\times 1,6$ .
- FIG. 12. — *Id.* Terrier du Vitrollien supérieur. Lagrasse (Aude).  $\times 1,6$ .
- FIG. 13. — Terriers à parois construites en boulettes (*Ophiomorpha*) du Bartonien du Ruel (Oise).  $\times 2,3$ .
- FIG. 14 à 18. — Ornementation de terriers du même gisement (Lutétien de Rieux-Minervois) qui montrent le passage du type écailleux au type à griffures dont le terme extrême est identique à la figure 9. Noter le rôle croissant de l'échancre qui subdivise chaque écaille.  $\times 1,6$ .







Cl. G. Coquelle