

les *porphyres*, qui forment des coulées très nettes, parfois divisées en prismes, y sont le plus souvent *pétrosiliceux*, comme si la puissance de cristallisation avait été en diminuant avec le temps. Leur sortie a été parfois accompagnée de celle de roches tout à fait vitreuses, comme les *pechsteins* de la Saxe et ceux du Var, ou bien de roches à globules, dites *pyromérides*.

On a la preuve que de nombreuses manifestations thermales et solfatarieuses se sont produites lors du permien inférieur. C'est à cette cause que doit être attribuée la formation des *tufs* argileux violets ou *argilolites* du val d'Ajol, dans les Vosges, tufs à demi sédimentaires, qui contiennent de nombreux restes silicifiés de végétaux, et à côté desquels on observe de grands filons de quartz, tous plus ou moins métallifères.

Les roches basiques de l'époque permienne, notamment les *mélaphyres*, abondent dans le Palatinat; ces roches se rapprochent à bien des égards des basaltes actuels. Plusieurs sont vacuolaires et leurs cavités ont été remplies par divers minéraux, tels que l'agate.

Résumé. — En résumé, l'activité éruptive paraît avoir été à peu près continue pendant toute la durée des temps primaires. D'une manière générale, au moins jusqu'à l'époque houillère, les roches acides prédominent. Leur position est d'ailleurs assez caractéristique. Les granites forment, comme nous l'avons déjà dit, de larges traînées, occupant le plus souvent l'axe de plis convexes ou *anticlinaux*. Ils ont donc dû se solidifier dans la profondeur, sous une pression qui maintenait les dissolvants et à l'abri de toute rapide déperdition de la température. A ces circonstances devraient être attribués, d'abord l'état si cristallin des granites, ensuite l'influence qu'ils ont exercée sur les roches voisines, en y faisant pénétrer peu à peu les gaz et les vapeurs répandus dans leur masse.

Loin d'avoir forcé l'entrée des terrains encaissants en les disloquant, les granites et les roches analogues y ont trouvé leur chemin en les *corrodant*, en quelque sorte, à la manière d'un acide. On peut dire, du reste, que toutes les roches éruptives ont joué, dans les dislocations, un rôle passif, profitant, pour s'y injecter, des cassures ou des rides produites par des phéno-

mènes mécaniques, dont les éruptions étaient généralement la conséquence et non la cause.

Les filons détachés des massifs granitiques ou granulitiques ont toujours un grain plus fin et prennent quelquefois une structure porphyrique, qui accuse deux temps de consolidation. Ces deux temps sont très nettement visibles dans les filons et surtout dans les nappes des divers porphyres, dont les différences doivent tenir à ce que les uns se sont épanchés à l'air libre, tandis que les autres arrivaient au fond de la mer et des lacs. La dernière consolidation ayant été assez rapide, les effets métamorphiques des porphyres sur les roches voisines sont généralement très faibles.

Il convient de remarquer le développement que paraissent avoir pris en Europe, à l'époque du grès rouge permien, les émissions solfatarieuses et thermales. Dans la nature actuelle, ce genre d'émanations signale habituellement la décroissance de l'activité volcanique. Or justement, dans nos pays, les éruptions étaient destinées à cesser, d'une manière à peu près complète, pendant toute l'ère secondaire. Les argilolites et les émissions siliceuses du permien marqueraient donc le déclin d'une activité interne qui allait bientôt s'endormir.

CHAPITRE IV

ÈRE SECONDAIRE

§ 1

GÉNÉRALITÉS SUR L'ÈRE SECONDAIRE

Caractères généraux et divisions de l'ère secondaire. — Le groupe *secondaire* ou *mésozoïque* comprend les formations sédimentaires qui se sont déposées depuis la purification définitive de l'atmosphère terrestre jusqu'au réveil de l'activité interne. Cette dernière, après avoir été particulièrement effi-

cace à la fin des temps primaires, paraît s'être, du moins en Europe, endormie pendant toute la durée de l'ère secondaire, dont le début seul a été marqué par quelques éruptions analogues à celles de l'époque permienne. Durant cette ère de calme, où les fentes de l'écorce se sont tapissées de matières minérales diverses, les vertébrés de la famille des reptiles ont régné en maîtres à la surface du globe; c'est à peine si l'on retrouve les vestiges de quelques mammifères inférieurs, précurseurs de l'âge à venir, et les oiseaux, qui ont apparu vers la fin de cette division des temps géologiques, possèdent des caractères mixtes qui les rapprochent beaucoup des reptiles. La végétation terrestre a perdu la puissance extraordinaire qu'elle avait à l'époque houillère, et la prépondérance appartient, non plus aux espèces de terres basses et humides, mais à celles de la famille des cycadées et des conifères. Ce n'est que tardivement qu'on voit apparaître les premiers représentants des monocotylédones et des dicotylédones angiospermes, destinées à prévaloir dans l'ère tertiaire, à la faveur des conditions physiques nouvelles que vont créer, d'une part le relief plus accentué du sol, d'autre part la distribution de plus en plus inégale de la chaleur et de la lumière. En attendant, la flore secondaire offre, comme la faune, un caractère mixte, qui a valu à l'ère correspondante l'épithète de *mésophytique*.

Dans les mers, où le développement des formations calcaires et la rareté relative des conglomérats attestent la tranquillité du régime océanique, on voit prédominer les mollusques et surtout les céphalopodes de la famille des *Ammonitidés*, qui apparaissent nombreux dès le début de l'ère nouvelle, dont ils peuvent d'autant mieux servir à caractériser toutes les phases, qu'ils ne doivent pas lui survivre. Enfin la classe des poissons s'enrichit d'un nouveau type, celui des *téléostéens* ou poissons osseux.

Le groupe secondaire a été divisé en cinq grands systèmes. Le premier est le système *triasique*, si intimement lié au permien que quelques géologues n'ont pas cru pouvoir l'en séparer et ont décrit sous le nom de *groupe pœcilien* (*poikilitic*) cet ensemble caractérisé par ses couleurs bariolées. Au-dessus vient la *série jurassique*, comprenant le système *liasique* et le système

oolithique. Enfin l'ère se termine avec la *série crétacée*, dans laquelle il convient de distinguer un système *crétacé inférieur* ou *infracrétacé* et un système *crétacé supérieur*.

Période triasique. — Au début de la période triasique, les mers intérieures qui couvraient une partie de l'Europe septentrionale se sont asséchées; mais une mer largement ouverte occupel'emplacement du bassin de la Méditerranée et ne tarde pas à envoyer vers le nord des bras qui, par moments, arrivent jusqu'au pied de l'Ardenne et du Hunsrück. Toujours restreintes dans l'ouest de l'Europe, où elles n'atteignent pas l'Angleterre, ces invasions marines deviennent la règle dans la région orientale. Aussi cette dernière est-elle le théâtre d'une active formation de calcaires avec organismes pélagiques, tandis que, à l'ouest aussi bien que dans l'Amérique du Nord, on voit prédominer les lacs salés et les lagunes, dont le fond se comble avec des argiles et des grès aux couleurs vives et bariolées.

Les plages incertaines de ces lagunes sont fréquentées par de nombreux *reptiles labyrinthodotes*, tels que *Chirotherium*, dont les traces de pas (fig. 61) abondent en Saxe comme au Connecticut, et par d'autres reptiles, ceux-là bipèdes, les *dinosauriens*, signalés par des traces à trois doigts, qui offrent une grande analogie avec celles des oiseaux.

Les mers largement ouvertes voient s'épanouir, parmi les céphalopodes, la grande famille des *ammonitidés*, représentée par *Ceratites* (fig. 62), *Trachyceras* (fig. 63), etc., tandis que, au nombre des acéphalés, prospère le genre *Halobia* (*Daonella*)

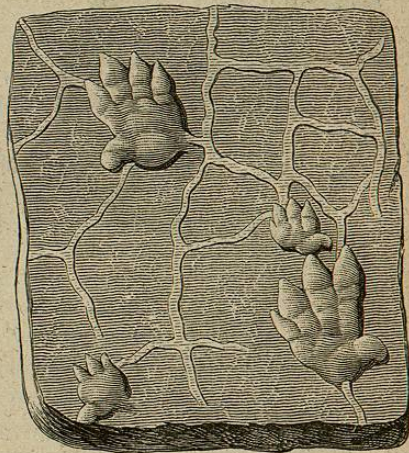


Fig. 61. — Traces de *Chirotherium*.

(fig. 64) et que d'innombrables échinodermes de la famille des Encrines (fig. 65) laissent leurs dépouilles dans les calcaires de l'époque. Avec ces genres nouveaux persistent un certain nombre de types anciens de brachiopodes et de céphalopodes,

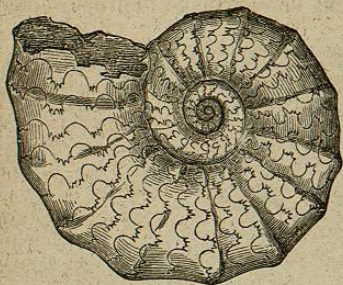


Fig. 62. — *Ceratites nodosus*.



Fig. 64. — *Halobia (Daonella) Lommeli*.



Fig. 63. — *Trachyceras (Ammonites) Aon.*

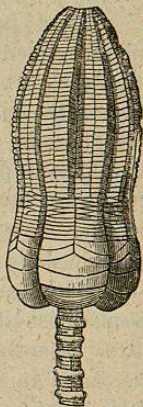


Fig. 65. — *Encrinurus liliiformis*.

grâce auxquels la faune marine triasique offre en quelques points un caractère de transition.

Quant à la flore, elle ne contient plus les sigillaires de l'époque houillère; les véritables prêles (*Equisetum*) y sont nombreux; les conifères, telles que *Voltzia*, les cycadées et les fougères arborescentes y abondent.

Période liasique. — Les invasions successives de la mer, qui s'étaient produites en Europe lors de la période triasique, présageaient la fin prochaine du régime continental, dont la

dernière époque houillère avait vu l'avènement dans les latitudes moyennes de l'hémisphère boréal. Tandis que, dans la partie orientale de l'Amérique du Nord, le sol va demeurer émergé pendant presque toute la durée des temps secondaires, le nouveau régime marin s'installe en Europe avec l'ouverture de la période liasique, inaugurant la série des dépôts dits jurassiques à cause de leur développement dans les monts Jura.

Comme preuve de ce retour de la mer sur des régions depuis longtemps émergées, on voit partout, dans le nord de l'Europe, les dépôts liasiques débiter par des grès, où les grains roulés et grossiers de quartz empâtent de nombreux restes de vertébrés ainsi que des dents de poissons. C'est un véritable ossuaire, comme l'indique le nom classique de *bone-bed* ou lit à ossements. Les êtres marins et terrestres y sont mélangés, et c'est là qu'on voit apparaître des débris de petits marsupiaux, premiers représentants de la classe des mammifères.

Alors commence une époque de sédimentation marine, mais littorale, où les restes de végétaux et d'insectes terrestres se montrent plus d'une fois associés aux coquilles de mer. Les plages sont fréquentées par de grands reptiles nageurs, les sauriens, ichthyosaures (fig. 66), plésiosaures (fig. 67), etc., dont les squelettes entiers abondent dans certains gisements de l'Angleterre et du Wurtemberg. Les pois-



Fig. 66. — *Ichthyosaurus communis*.

sons ganoïdes de l'époque (*Lepidotus*) ont cessé d'avoir leur nageoire caudale dyssymétrique.

Les vraies ammonites, aux cloisons persiliées, sont nombreuses (fig. 68, 69, 70). Avec elles se montre une nouvelle famille de céphalopodes, celle des bélemnites, représentées par leurs osselets ou rostrés (fig. 71, 72). Les huitres se développent pour la première fois avec une grande ampleur, jonchant les dépôts argileux de coquilles de *gryphées* (fig. 73), auxquelles s'ajoutent parfois des *plicatules* (fig. 74). A côté de brachiopodes de type ancien, comme *Spiriferina*, pullulent les *rhynchonelles* et les *térébratules* (fig. 75). Enfin les crinoïdes sont fréquents et souvent très bien conservés.

Quant à la flore, elle se fait remarquer par l'apparition des premiers monocotylédons et par le grand nombre des cycadées qu'elle contient. De plus, les caractères de la végétation de la période accusent à la fois une grande monotonie et l'absence de zones climatologiques bien définies.

Période oolithique. — Tandis que, dans le bassin anglo-français, la sédimentation détritique dominait à l'époque liasique, les dépôts oolithiques paraissent s'y être formés dans des conditions particulières de calme.

Les sédiments arénacés et les conglomérats sont l'exception,

Fig. 67. — *Plesiosaurus dolichoterrus*.

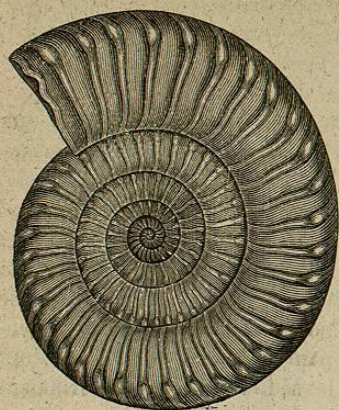
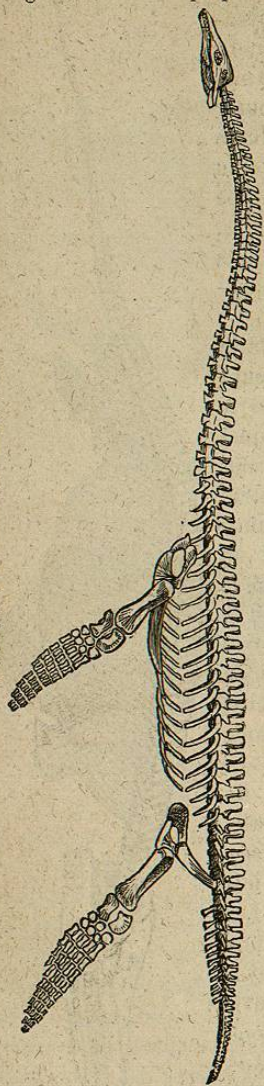


Fig. 68. — *Ammonites (Arietites) Bucklandi*.



Fig. 71. *Belemnites brevis*.



Fig. 72. *Belemnites clavatus*.

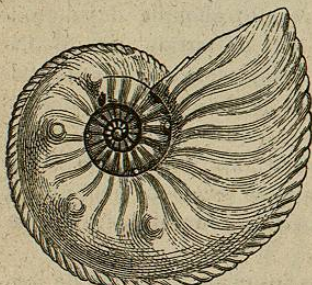


Fig. 69. — *Ammonites (Amaltheus) margaritatus*.

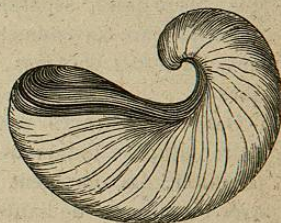


Fig. 73. — *Gryphaea arcuata*.

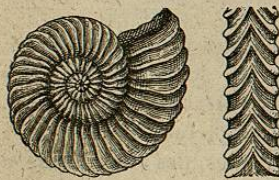


Fig. 70. — *Ammonites (Shlotheimia) angulatus*.

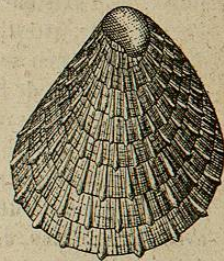


Fig. 74. — *Plicatula spinosa*.

et ce qui domine, à toutes les hauteurs, c'est le *facies oolithique*, indice presque assuré de formations coralliennes¹. Du reste, en beaucoup de points, les anciens récifs de polypiers se dessinent de la façon la moins équivoque, offrant, dans leur faune et leur structure, les caractères qui, de nos jours encore, sont particuliers à ce genre de formations.

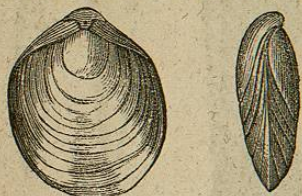


Fig. 75. — *Terebratula* (*Waldheimia*) *numismalis*.

Ainsi, durant cette période, exempte de toute manifestation violente de l'activité interne, les organismes ont édifié, dans l'Europe occidentale et centrale, de puissantes assises calcaires, occupant le milieu des bassins dont les sédiments liasiques formaient les bords et le fond.

La tendance générale, dans le nord et l'ouest de l'Europe, est dirigée vers l'émersion progressive et tranquille des détroits qui, jusqu'alors, séparaient les îlots de terrain primitif. Par là se prépare l'avènement d'une époque surtout continentale qui, dans ces contrées, marquera la fin des temps jurassiques.

Dans les parages méditerranéens, les dépôts sont d'une autre nature et indiquent que le régime pélagique continuait à prévaloir. Là dominent les calcaires, souvent marmoréens, avec organismes de haute mer.

La présence de récifs coralliens jusqu'au 55° degré de latitude, et l'existence d'une végétation subtropicale sous le 71° parallèle, attestent d'ailleurs à quel point les différences devaient être peu sensibles dans la distribution géographique de la chaleur et de la lumière.

Les mammifères oolithiques sont encore de petits marsupiaux, notamment des rongeurs analogues au kangourou-rat. Un oiseau à affinités reptiliennes, le célèbre *Archæopteryx* (fig. 76), se rencontre avec des lézards volants, les ptérodactyles (fig. 77), avec des sauriens, des dinosauriens bipèdes, des crocodiliens et les premières tortues.

1. Voir plus haut, p. 57.



Fig. 76. — *Archæopteryx lithographica*. a, plaque décrite par Owen; b, aile; c, patte.



Fig. 77. — *Pterodactylus elegans*.

DE LAPPARENT. — ABRÉGÉ. 2^e édit.



Fig. 78. — *Ammonites* (*Stephanoceras*) *macrocephalus*.



Fig. 79. — *Ammonites* (*Amaltheus*) *cordatus*.



Fig. 80. — *Ammonites* (*Harpoceras*) *crenatus*.

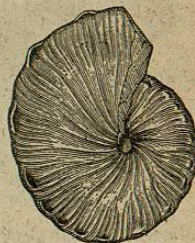


Fig. 81. — *Ammonites* (*Neumayria*) *trachynotus*.

Les ammonites (fig. 78 à 81) et les bélemnites (fig. 82) continuent à être abondamment représentées, ainsi que les huitres, gryphées

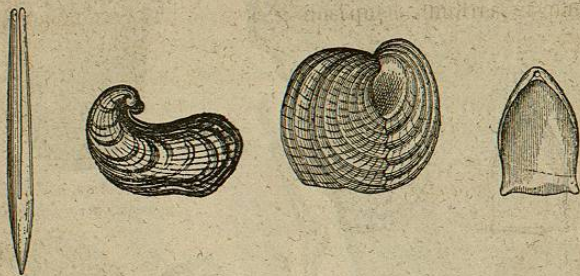


Fig. 82. — *Belemnites hastatus*. Fig. 83. — *Exogyra virgula*. Fig. 84. — *Rhynchonella decorata*. Fig. 85. — *Terebratula* (Waldheimia) *digona*.

ou exogyres (fig. 83), les pernes, les pholadomyes, les rhynchonelles (fig. 84), les térébratules (fig. 85, 86). Dans les calcaires de

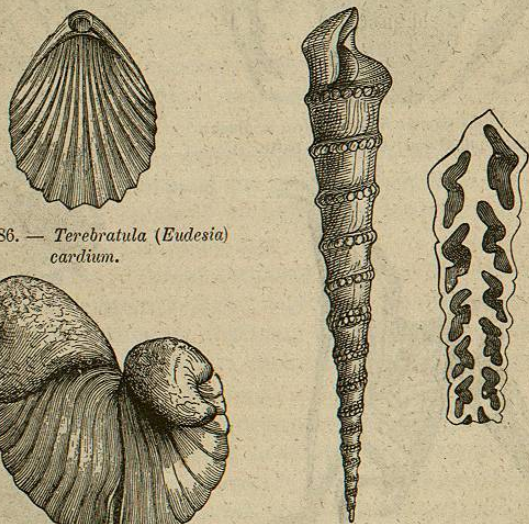


Fig. 86. — *Terebratula* (*Eudesia*) *cardium*.

Fig. 87. — *Diceras arietinum*.

Fig. 88. — *Nerinea tuberculosa*. ☐

récifs apparaît le genre *Diceras* (fig. 87), dont les coquilles épaisses étaient bien faites, ainsi que celles des nérinées (fig. 88), pour

ce choc des vagues, qui est une des conditions de prospérité des animaux coralligènes. Enfin les oursins (fig. 89, 90, 91) prennent, ainsi que les polypiers et les spongiaires, un remarquable essor.

Quant à la flore, elle correspond à l'apogée des cycadées, telles que *Zamites* (fig. 92), et l'on y voit apparaître les cyprès

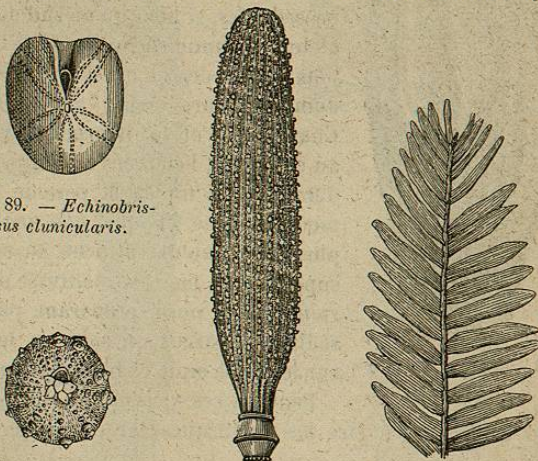


Fig. 89. — *Echinobrius clunicularis*.

Fig. 90. — *Acrosalenia spinosa*.

Fig. 91. — Radiole de *Cidaris florigemna*.

Fig. 92. — *Zamites Moreanus*.

ainsi que les séquoïas. Mais, dans son ensemble, elle est pauvre, monotone et paraît avoir été peu appropriée à la nourriture des animaux, ce qui explique la rareté des herbivores.

Période infra-crétacée. — Au début de la période infra-crétacée, toute l'Europe septentrionale est émergée et des lacs d'eau douce occupent l'emplacement du Jura. La mer baigne seulement le sud-est de l'Espagne, le Languedoc, la Provence, la région des Alpes (à l'exception de quelques îlots) et le bassin du bas Danube. En un mot, c'est la Méditerranée actuelle, reportée vers le nord. Sur le continent règnent les *dinosauriens*, reptiles bipèdes, et, parmi eux, le gigantesque *Iguanodon* aux dents plissées (fig. 93) et à la longue queue. Bientôt la mer recommence à gagner du terrain. Cette invasion se fait sentir à la fois par le nord, c'est-à-dire sur les côtes orientales

de l'Angleterre ainsi que sur l'Allemagne, où elle submerge le Brunswick et le Hanovre, et par le sud, du côté du Jura. Au bout de quelque temps, l'ancienne cuvette jurassique du bassin de Paris se retrouve inondée; mais la mer s'avance moins loin vers l'ouest qu'aux époques précédentes, si bien qu'au sud de l'Angleterre comme en Normandie, les dépôts d'eau douce ou d'estuaire prédominent largement, alors que la Champagne et la Bourgogne voient, au contraire, l'élément marin prépondérant. A la fin de la période seulement, à cette époque *albienné*¹ que plus d'un auteur rattache au crétacé supérieur, la mer est maîtresse du terrain dans le nord, préparant, par des sédiments vaseux ou sableux, le fond sur lequel la craie va bientôt se former.

Pendant ces vicissitudes, les céphalopodes continuent à être les mollusques caractéristiques des



Fig. 93. — Dent d'*Iguanodon* Mantelli.



Fig. 94. — *Belemnites* Emerici.

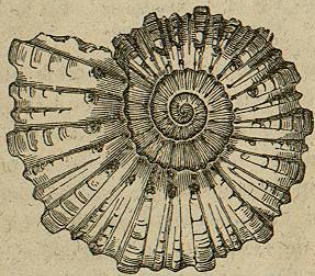


Fig. 95. — *Ammonites* (*Acanthoceras*) mamillaris.



Fig. 96. — *Ammonites* (*Hoplites*) interruptus.

mers. Seulement le rostre des bélemnites tend à s'aplatir (fig. 94) et, à côté des vraies ammonites (fig. 95, 96), apparaissent les

1. Ainsi nommée du département de l'Aube.

céphalopodes à tours déroulés ou tordus, *Ancyloceras* ou *Crioceras* (fig. 97), *Hamites* (fig. 98), *Turrilites*.

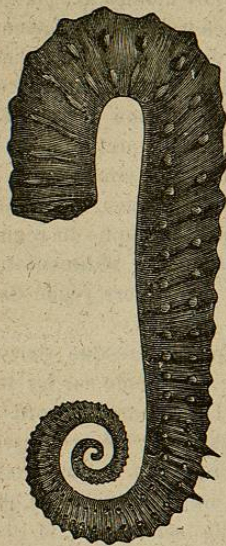


Fig. 97. — *Ancyloceras* (*Crioceras*) Matheroni.

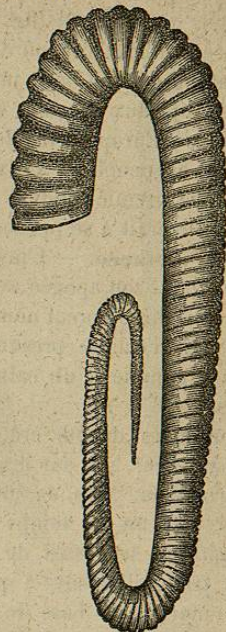


Fig. 98. — *Hamites* attenuatus.

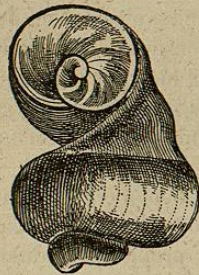


Fig. 99. — *Requienia* (*Chama*, *Caprotina*) ammonia.

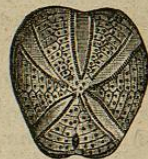


Fig. 100. — *Toxaster complanatus* (*Spatangus retusus*).

Dans les régions méditerranéennes, où les calcaires construits par les organismes sont maintenant relégués, les *Diceras* juras-

siques ont fait place à des genres voisins, comme *Requienia* (fig. 99), et, plus près des côtes, abondent les oursins *spatangoides*, tels que *Toxaster* (fig. 100).

La flore infracrétacée, où dominent les cycadées et les conifères, est encore une flore jurassique. Les mêmes associations de types tropicaux avec des sapins et des cèdres s'y montrent à la fois dans l'Europe centrale et, près du pôle, au Groënland. Cependant les peupliers apparaissent dans cette dernière contrée, comme premier indice d'une différenciation des climats, qui commencerait à se prononcer dans la zone arctique.

Période crétacée. — L'invasion marine que nous venons de signaler atteint son apogée avec la période *crétacée*, qui amène dans l'hémisphère boréal non seulement le triomphe du régime marin, mais l'éclipse presque complète de la sédimentation détritique, comme si un calme absolu avait alors régné dans les mers.

Les premiers dépôts crétacés s'étendent presque partout *transgressivement*, soit sur le jurassique, soit même sur les terrains primaires. Mais de même que l'émersion du nord de l'Europe, à la fin des temps oolithiques, avait été progressive et exempte de secousses, de même le nouveau régime marin s'établit tranquillement. A peine une mince couche de grès grossier marque la base de la nouvelle série; puis la *craie* apparaît, d'abord mouchetée de petits grains verts de *glauconie*, ensuite légèrement marneuse, enfin tout à fait blanche et mêlée de lits de silex. Quand ses puissantes assises se sont déposées dans les régions du nord, une nouvelle émersion se produit, prélude des temps tertiaires, et ainsi les derniers sédiments crétacés, qui représentent un *facies* littoral, n'occupent qu'une surface insignifiante relativement à leur *substratum* crayeux.

Pendant le même temps, dans les régions méditerranéennes, demeurées pélagiques, un nouveau mode d'activité organique a fait son apparition. Les *rudistes* proprement dits sont devenus les principaux artisans de la formation des calcaires; mais ils meurent avec la fin de la période et cèdent la place aux *foraminifères*.

La rareté des dépôts crétacés d'origine continentale explique

qu'on sache peu de chose sur les vertébrés terrestres : une telle époque devait être peu propice à l'épanouissement des mammifères. On connaît seulement, en Amérique, de grands oiseaux marcheurs, dont quelques-uns alliés aux reptiles, tels qu'*Hespe-*



Fig. 101. — *Hesperornis regalis*.



Fig. 102. — *Belemnite quadrata*.

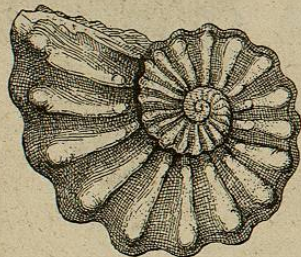


Fig. 103. — *Ammonites (Acanthoceras) rotomagensis*.

rornis (fig. 101); avec eux s'observent des dinosauriens, des crocodiliens et le grand *Mosasaurus* de Maëstricht.

Si les bélemnites (fig. 102) sont encore assez nombreuses, les ammonites (fig. 103), en dehors du début de la période, sont