

Du gisement fossilifere a l'ecosysteme

From the paleontological site to the ecosystem

Jean CLAUDE GALL

Université Louis Pasteur de Strasbourg et URA 12 du CNRS.

RESUMEN

La complejidad creciente de los ecosistemas a lo largo de los tiempos geológicos aporta al geólogo archivos cada vez más ricos para reconstruir los ambientes del pasado. Para la mayor parte del Precámbrico la información disponible sobre los biotopos está limitada a las mineralizaciones y formaciones microbianas. El posterior desarrollo de la actividad animal ha conducido, por un lado a través de los icnofósiles y por otro lado a través de los bioclastos, a alcanzar una mejor comprensión de los caracteres físicos y químicos de los ecosistemas.

A partir del Ordovícico, el desarrollo de las biocenosis terrestres marca el comienzo de un conjunto múltiple de interacciones entre ecosistemas acuáticos y terrestres. El impacto antrópico ha aportado, desde hace varios miles de años, una nueva dimensión a este problema, a la vez planetaria y cósmica.

Palabras Clave: Fossilagerstätte, ecosistemas microbianos, icnoce-nosis, tafocenosis, paleobiocenosis, impacto antrópico.

RÉSUMÉ

La complexité croissante des écosystèmes au cours des temps géologiques met à la disposition du géologue des archives de plus en plus riches

pour reconstituer les environnements disparus. Durant la plus grande partie du Précambrien, les informations sur les biotopes se réduisent aux minéralisations et aux constructions microbiennes. Avec le développement de l'activité animale, les ichnofossiles puis les bioclastes permettent de mieux cerner les caractères physico-chimiques des écosystèmes.

A partir de l'Ordovicien, l'extension des biocénoses terrestres est le départ d'interactions multiples entre écosystèmes aquatiques et écosystèmes continentaux. L'impact anthropique introduit depuis quelques milliers d'années une dimension supplémentaire, planétaire et cosmique.

Mots-clés: Fossilagerstätte, écosystèmes microbiens, ichnocénoses, taphocénoses, paleobiocénoses, impact anthropic.

ABSTRACT

The increasing complexity of ecosystems through the geological time provides the geologists with increasingly richer archives for reconstructing the environments of the past. For most of the precambrian times the available information on the biotopes is limited to mineralisations and microbial formations. The development of animal activity has led, first by means of ichnofossils and then by means of bioclasts, to a better understanding of physical and chemical features of ecosystems.

From Ordovician times onwards, the development of terrestrial biocénoses marks the starting point for multiple interactions between aquatic and continental ecosystems. Anthropic impact has brought down, since several thousand years, a new supplementary dimension, both planetary and cosmic.

Key-words: Fossilagerstätte, microbial ecosystems, ichnocénoses, taphocénoses, paleobiocénoses, anthropic impact.

INTRODUCTION

La taphonomie se fixe comme objectif l'étude des processus qui ont conduit à la fossilisation. En d'autres termes, la taphonomie essaie de comprendre les altérations auxquelles sont soumis les cadavres des animaux et les restes végétaux au cours du temps et d'apprécier les pertes d'information intervenues lors de cette histoire. Cette démarche conduit de

l'être vivant vers le fossile, c'est-à-dire d'un monde vivant vers un monde mort, qui est figé, fixé dans la roche.

La Paléontologie, science de l'histoire de la Vie, procède d'un cheminement inverse: à partir des traces et des vestiges fossiles, elle remonte vers les écosystèmes originels. C'est une telle démarche qui rend attrayants les musées de Paléontologie où voisinent les fossiles qui fournissent l'information première, et les reconstitutions de paysages, fresques ou dioramas, qui sont l'aboutissement d'une longue enquête.

Pour atteindre un tel but, de quelles données, de quelles archives disposons-nous? comment parvenons-nous à les exploiter?

Reconstituer un écosystème implique à la fois la connaissance des êtres vivants qui le peuplaient c'est-à-dire la biocénose, et celle des facteurs qui caractérisaient son environnement physico-chimique, le climat ou la nature du substrat, et qui constituent le biotope.

Au cours des temps géologiques, on assiste à un retour périodique des mêmes conditions qui structurent les biotopes, les cycles orogéniques ou les cycles climatiques. Il n'en est pas de même des biocénoses dont le renouvellement est orienté par la flèche de l'évolution biologique.

Il en résulte des écosystèmes qui diffèrent d'une époque géologique à une autre et qui nécessitent des approches originales. L'exploitation des archives paléontologiques s'enrichit d'éléments nouveaux au fil du temps.

1. LES METABOLISMES MICROBIENS

La durée du Précambrien correspond aux 7/8e de l'histoire de la Terre. L'essentiel des êtres vivants de cette longue période de temps est représenté par un monde microbien : bactéries, champignons, algues unicellulaires...

Leurs restes sont généralement décevants. Il s'agit soit de corpuscules sphériques ou en forme de bâtonnets, soit de filaments. Mais, en dépit de leur petite taille, les microorganismes sont doués de pouvoirs considérables qui leur permettent de façonner la surface du globe terrestre.

La variété de leurs métabolismes, étudiés en laboratoire, est à l'origine de la précipitation des carbonates, des phosphates, des oxydes de fer qui constituent les minerais de fer rubanés... mais aussi de l'enrichissement de l'atmosphère en oxygène, sous-produit de la photosynthèse, ainsi que des premières bioconstructions, les stromatolites, édifiées par des microorganismes filamenteux.

En d'autres termes, les premiers écosystèmes de la planète qui sont de nature microbienne, sont accessibles indirectement à travers les ma-

nifestations de leurs métabolismes, les minéralisations ou les bioconstructions.

De telles archives sont difficiles à interpréter. Il est vraisemblable que durant le long intervalle de temps du Précambrien, se sont développés des métabolismes inconnus de nos jours. L'image de ces écosystèmes microbiens, est celle de biofilms, de voiles ou de tapis microbiens qui recouvraient la surface des fonds marins ou lacustres, à l'instar des mattes microbiennes des lagunes ou des marais salants actuels.



Foto 1.-Matte microbienne à la surface d'un banc de calcaire lithographique (Kimmeridgien supérieur, Cerin, France) montrant la trame filamenteuse (cyanobactéries ?). Longueur de la clé: 4 cm.

Foto 1.-Tapiz microbiano en la superficie de un banco de caliza litográfica (Kimmeridgiense superior de Cerin, Francia) mostrando la trama filamentososa (cianobacterias?). Longitud de la llave: 4 cm.

2. LES ICHNOCÉNOSES

Vers la fin du Précambrien, apparaissent les premières faunes c'est-à-dire des êtres doués de mobilité.

Si la nature des premiers macroorganismes qui constituent les Vendobiontes tels ceux des gisements d'Ediacara, est encore contestée - ani-



Foto 2.—Bioturbation à la surface d'un banc de grès du Buntsandstein (Grès à *Voltzia*, Vosges, France). Les terriers (*Rhizocorallium*) sont attribués à des crustacés.

Foto 2.—Bioturbación en la superficie de un banco de arenisca del Buntsandstein (Areniscas de *Voltzia*, Vosgos, Francia). Los conductos de *Rhizocorallium* son atribuidos a crustaceos.

maux pour les uns, associations microbiennes pour les autres - les ichnofossiles apportent la preuve irréfutable d'une activité animale. Ils sont connus dès le Protérozoïque supérieur.

Les terriers pénètrent souvent profondément dans le sédiment. Les écosystèmes acquièrent ainsi une dimension supplémentaire car les organismes qui les constituent sont étagés en niveaux superposés au sein des boues et des sables. La bioturbation qui en résulte, modifie les caractéristiques physiques et chimiques des sédiments. L'emprise du vivant sur la lithosphère gagne considérablement en impact.

Désormais le paléontologue disposera d'un nouvel outil pour reconstituer les écosystèmes: les ichnofossiles.

En règle générale, les auteurs des terriers, des pistes, des traces... demeurent inconnus. Mais les témoins de leur activité attestent l'autochtonie des communautés animales. De plus, terriers et pistes expriment des comportements qui sont autant de réponses des organismes aux sollicitations de l'environnement physico-chimique: quête de nourriture, protection contre un fort hydrodynamisme, ou encore fuite devant un accroissement du taux de sédimentation...

Les caractères des biotopes seront mieux cernés.

3. LES SQUELETTES MINÉRALISÉS

Avec le Cambrien s'épanouissent les grands embranchements dont la plupart sont encore actuels, L'explosion de la biodiversité s'accompagne de la production de squelettes minéralisés. Les animaux sécrètent des coquilles, des carapaces, des squelettes soit en carbonate de calcium, soit en silice, soit en phosphate.

Aisément fossilisés, les éléments squelettiques permettent de reconstituer les composants des biocénoses. Mais les organismes au corps mou échappent en grande partie à ces tentatives de reconstitution.

Les éléments minéralisés des êtres vivants alimentent la production de bioclastes.

En raison de leur nature, ceux-ci obéissent à un double comportement. A l'instar des particules sédimentaires, les bioclastes subissent transport, usure, sélection. Leur allochtonie dans les gisements fossilifères fournit des indices précieux sur la dynamique de leur mise en place.

En tant que production organique, les bioclastes sont recherchés et utilisés par une foule d'êtres vivants. Ils enregistrent la complexité des interactions entre les divers maillons des biocénoses qui sont à l'origine du recyclage de la matière à la surface du globe.

En s'appuyant sur l'examen des squelettes minéralisés et sur les bioclastes qui résultent de leur destruction, le paléontologue distinguera au sein des gisements fossilifères les taphocénoses, associations de restes fossiles ensevelis en un même lieu, et les paléobiocénoses dont les organismes préservés in situ permettent de remonter aux communautés des biocénoses originelles.



Foto 3.—Bioclastes (entrouques) dans un calcaire du Muschelkalk (Trias moyen, Vosges, France).
Diamètre d'une entrouque: 5 mm.

Foto 3.—Bioclastos (artejos de crinoides) en una caliza del Muschelkalk (Trias Medio, Vosgos, Francia).
Diámetro de un artejo: 5 mm.

4. LES ÉCOSYSTÈMES TERRESTRES

A partir de l'Ordovicien, les terres émergées seront progressivement colonisées, d'abord par la végétation, ensuite par les animaux. Désormais, biocénoses aquatiques et biocénoses terrestres voisineront et entretiendront des échanges permanents.

La surface des continents se couvre d'un écosystème particulier, le sol. Interfaces entre biosphère, géosphère, hydrosphère et atmosphère, les sols fournissent le substratum aux végétaux et hébergent un riche cortège



Foto 4.—Paléosol dans les Vieux Grès Rouges (Dévonien, Pembrokeshire, Angleterre).

Foto 4.—Paleosuelo en las Areniscas Rojas Antiguas (Devónico, Pembrokeshire, Inglaterra).

d'arthropodes. Ils sont le reflet des climats qui règnent sur les continents.

Il est vraisemblable qu'à partir du Carbonifère, la complexité des écosystèmes terrestres était proche de celle de leurs équivalents contemporains.

Lors de la reconstitution des écosystèmes continentaux, il convient de distinguer un amont et un aval. Il en est ainsi des environnements qui assurent la transition entre le milieu aquatique et les terres émergées, deltas et lagunes, particulièrement propices à la genèse de gisements fossilifères.

Deux exemples sont particulièrement significatifs à cet égard.

a) Le grès à voltzia (trias des vosges)

La formation du Grès à Voltzia appartient au Buntsandstein supérieur de l'Est de la France. Epaisse d'une vingtaine de mètres, elle assure la transition entre la sédimentation fluviale du Trias inférieur et les dépôts ma-

rins du Muschelkalk. L'imbrication constante de trois faciès permet d'y reconstituer les conditions d'un environnement deltaïque qui s'établissaient sur une plaine alluviale sujette à des incursions marines.

- Des lentilles de grès fins, de teinte grise ou rose, encore activement exploitées par la construction et la restauration des monuments historiques, correspondent aux bancs d'alluvions acheminés à partir de l'érosion d'anciens reliefs hercyniens situés en amont. Épaisses de plusieurs mètres, elles contiennent d'abondants fragments végétaux et des os de batraciens stégocéphales. Désarticulés et brisés à la suite d'un transport prolongé, ces fossiles renseignent néanmoins sur la physionomie des peuplements et des paysages du domaine proximal de la plaine alluviale du Buntsandstein. Les chenaux étaient bordés par une végétation variée de fougères, d'équisétales et de gymnospermes. Les berges étaient fréquentées par des stégocéphales, les stades larvaires de ces animaux nécessitant des eaux douces.

La concentration des fossiles qui caractérise les grès est le résultat d'une crue qui a provoqué l'érosion des berges, arrachant les végétaux qui poussaient sur les rives, entraînant les animaux qui y vivaient et accumulant leurs débris en vrac, plus à l'aval. Il s'agit d'une taphocénose.

- Entre les bancs de grès s'interstratifient des lentilles d'argile vertes ou rouges de quelques centimètres ou de quelques décimètres d'épaisseur, constituées par une succession de fins feuilletés sédimentaires. Dans leur partie supérieure, apparaissent des fentes de dessiccation ou des racines végétales en position de vie qui témoignent de l'exondation du milieu aquatique. Des pseudomorphoses de sel gemme attestent des salinités élevées, tandis que la présence de pyrite indique un sédiment pauvre en oxygène.

Les niveaux argileux représentent les dépôts de la plaine d'inondation. L'espace situé entre les chenaux fluviaux était parsemé par une mosaïque d'étendues d'eau saumâtre soumises à des épisodes de confinement et d'assèchement.

Dans un tel contexte, la faune aquatique, les animaux terrestres et la flore ont été admirablement conservés.

Parmi les organismes aquatiques, les arthropodes, limules et crustacés, formaient le groupe dominant. Les esthéries, conchostracés caractéristiques des nappes d'eau temporaires, parsèment par milliers la surface de certains niveaux.

Au contact du fond vivaient des annélides et des larves aquatiques d'insectes. L'endofaune était rare, à l'exception de quelques lamellibranches (*Homomya*) et des lingules. Celles-ci sont symptomatiques des milieux à salinité variable. Plus généralement, la pauvreté en espèces de la faune aquatique

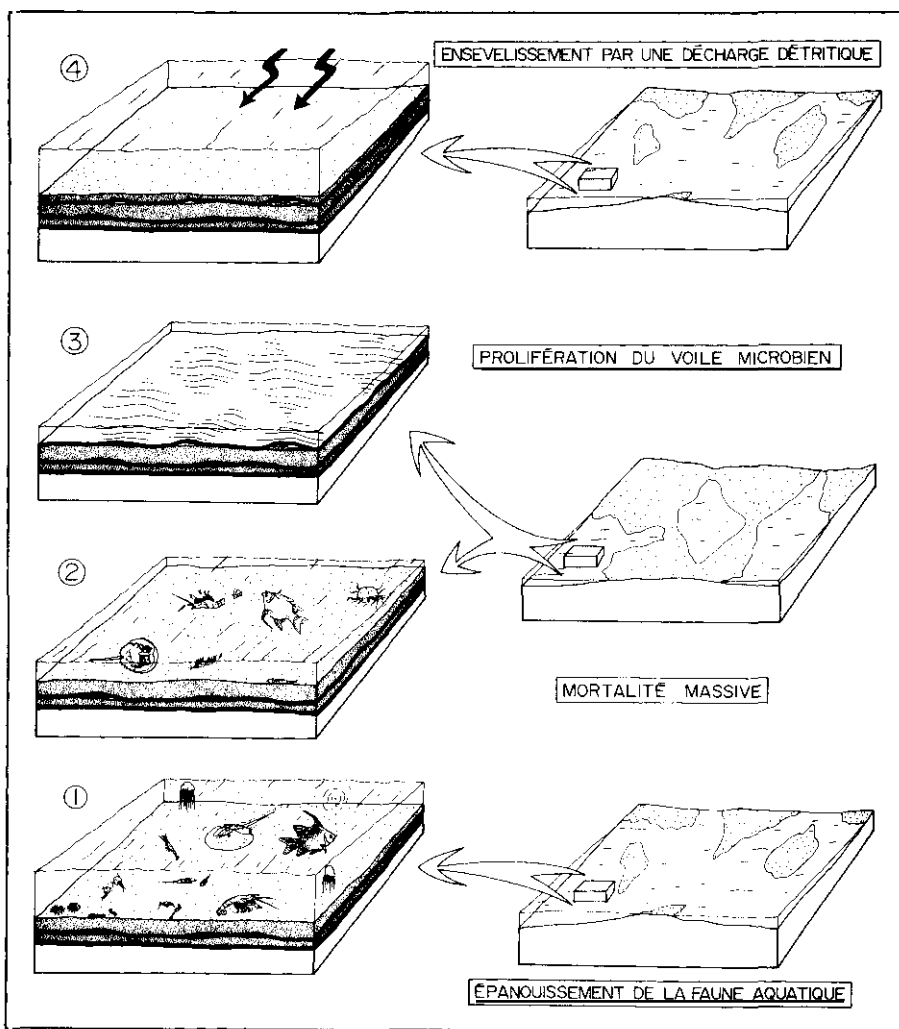


Fig. 1.—Rôle des voiles microbiens dans la genèse des gisements fossilifères du Grès à *Voltzia* (Buntsandstein supérieur, France; d'après GALL, 1990).

Fig. 1.—Papel de los velos microbianos en la génesis de los yacimientos fosilíferos de las Areniscas de *Voltzia* (Buntsandstein Superior, Francia, según GALL, 1990).

qui contraste avec la richesse en individus, ainsi que la petite taille de ses représentants, sont caractéristiques des peuplements des eaux saumâtres.

La faune aquatique des niveaux argileux fournit de nombreux indices d'autochtonie. En premier lieu, la conservation de structures aussi fragiles que l'ombrelle des méduses ou les appendices des crustacés laisse penser

que les organismes n'ont pas été soumis après leur mort à un transport appréciable. Les coquilles de lamellibranches aux valves encore en connexion, disposées avec leur concavité vers le ciel, confirment cette conclusion.

La coexistence constante dans les mêmes gisements de pontes, de différents stades larvaires, de formes adultes et d'exuvies d'arthropodes (limules, crustacés, insectes) prouve que ces animaux se sont développés sur le lieu de leur fossilisation. L'observation de lingules en position de vie et de pistes de locomotion de limules et de crustacés, va dans le même sens.

La faune aquatique des lentilles argileuses correspond à une paléobio-cénose.

Des terres émergées qui bordaient les étendues d'eau, est issue une multitude d'arthropodes : des araignées, des scorpions, des myriapodes et des insectes. L'entomofaune s'affirme particulièrement riche. Elle comporte plus de 200 espèces réparties en une vingtaine d'ordres, en particulier des blattes, des odonates, des diptères, des coléoptères, des éphémères, des homoptères, des orthoptères... Elle consiste surtout en ailes, mais également en insectes entiers, en larves et en pontes. La présence de vertébrés tétrapodes est attestée par des pistes de locomotion attribuées à des reptiles (*Chirotherium*).

La flore est beaucoup mieux conservée dans les lentilles d'argile que dans les bancs de grès. Elle révèle que des équisétales de grande taille (*Schizoneura*, *Equisetites*) constituaient de véritables roselières en bordure des nappes d'eau. En leur compagnie croissaient des fougères (*Anomopteris*) et des conifères, arbustes de quelques mètres de hauteur, tels les *Voltzia*, les *Yuccites* et les *Aethophyllum*. Ce dernier genre est jusqu'à présent l'unique conifère herbacé connu. De nombreux cônes et graines isolés, ainsi qu'une grande diversité de spores et de pollens indiquent que la flore était bien plus variée que les restes de rameaux feuillés ne le laissent supposer.

Dans certaines lentilles argileuses, des rhizomes d'équisétales et des systèmes radiculaires de gymnospermes sont fossilisés en position de vie. Ils prouvent qu'une partie de la végétation s'est développée sur place, dans les nappes d'eau en voie d'assèchement.

- De minces passées de grès dolomitiques ou de dolomies gréseuses, souvent remaniées à l'état de brèches, s'intercalent, de temps en temps, entre les bancs de grès. Elles renferment les éléments d'une faune marine qui annonce celle de la mer du Muschelkalk : foraminifères, lamellibranches (*Myophoria*), gastéropodes (*Naticopsis*, *Laxonema*). Leur mise en place est attribuée à des tempêtes qui étalaient sur la plaine alluviale des sédiments arrachés au domaine marin proche.

En résumé, les différents faciès sédimentaires reconnus dans le Grès à *Voltzia* et interprétés par l'analyse taphonomique, à savoir, les bancs de



Foto 5.—Racines végétales en position de vie dans un banc de grès du Buntsandstein (Grès à *Voltzia*, Vosges, France). Echelle : 20 cm.

Foto 5.—Raíces vegetales en posición de vida en un banco de arenisca del Buntsandstein (Arenisca de *Voltzia*, Vosgos, Francia). Escala: 20 cm.

grès des chenaux fluviatiles, les lentilles d'argile de la plaine d'inondation et les passées carbonatées qui trahissent des influences marines plus prononcées, s'échelonnaient de l'amont vers l'aval de la plaine alluviale. Ils évoquent un domaine fluviatile s'étendant en bordure de la mer c'est-à-dire un environnement deltaïque.

Une végétation variée fréquentée par les stégocéphales caractérisait le domaine proximal. Plus en aval se développaient les flaques d'eaux saumâtres où prospérait une riche faune aquatique, périodiquement décimée par l'assèchement du milieu. Elles étaient ceinturées par des plantes halophiles. En bordure du littoral s'étendaient des vasières à lingules et à lamelli-branches, relayées vers le large par des faunes plus franchement marines.

Fig. 2.—Reconstitution de l'environnement deltaïque du Grès à *Voltzia* (Buntsandstein supérieur, France; d'après GALL, 1981).

Fig. 2.—Reconstrucción del ambiente deltaico de la Arenisca de *Voltzia* (Buntsandstein Superior, Francia, según GALL, 1981).



b) *Les calcaires lithographiques de cerin (Kimmeridgien du Jura français)*

Dans la partie méridionale du Jura français, les calcaires fins du Jurassique supérieur furent activement exploités au siècle dernier pour les besoins de la lithographie. Au cours des travaux, de nombreux fossiles remarquablement conservés furent récoltés. Ces découvertes paléontologiques furent à l'origine d'un chantier de fouilles paléoécologiques qui s'implanta sur le site de Cerin, sous la direction de Paul Bernier. De 1974 à 1994, plus de 400 bancs furent dégagés, niveau après niveau, sur une surface de près de 200 m². Pour chaque couche, on recueillit les informations sur la lithologie, la stratonomie, le contenu paléontologique, la taphonomie... Ces données permirent de reconstituer avec une précision encore rarement atteinte, l'évolution au cours du temps des peuplements de lagunes établies dans les dépressions d'une ancienne barrière récifale.

Les bancs de calcaire, épais de quelques centimètres à plusieurs décimètres, sont régulièrement stratifiés. Les fossiles et les figures sédimentaires sont exclusivement localisés à la surface des strates. Une bioturbation qui s'exprime par une multitude de petits terriers simples de diamètre millimétrique, n'affecte que la partie supérieure des bancs les plus épais. Ces constatations suggèrent une sédimentation à caractère épisodique. Chaque couche de calcaire lithographique résulte d'une accumulation ininterrompue mais brève de particules micritiques. Un intervalle de temps beaucoup plus long mais difficile à estimer, sépare le dépôt de deux bancs successifs. C'est durant ce laps de temps que se réalise la bioturbation et que prolifèrent les organismes vivants dont les restes recouvrent la surface des dalles calcaires.

Au sommet de certains bancs s'observe un fin litage formé de feuillets dont l'épaisseur est inférieure au millimètre. Il résulte de l'activité de voiles cyanobactériens qui se développaient, à certains moments, à la surface du sédiment. La trame organique renforçait la cohésion de la pellicule superficielle de la boue calcaire. Elle se traduit sur la face supérieure des bancs par des figures de décollement, de déchirure, de plissement ou de fragmentation. Une telle dynamique s'explique par le retrait de la nappe d'eau entraînant le glissement de la pellicule indurée sur les flancs de dépressions. De rares fentes de dessiccation et des figures de ruissellement confirment l'émersion temporaire du milieu.

L'existence de courants épisodiques, de faible énergie, se déduit de l'orientation de certains objets comme les piquant d'oursins ou les coprolithes de poissons.

• Les organismes marins comportent des algues vertes de la famille des Dasycladales (*Clypeina*), des limules, des crustacés, des oursins, des étoiles de mer, des brachiopodes, des lamellibranches... Les lamellibranches, difficilement déterminables, sont toujours de petite taille (4 à 5 mm de longueur en moyenne). A la surface de certains bancs, les coquilles sont ouvertes, les deux valves en connexion, leur concavité tournée vers le haut. Une telle disposition s'explique par un confinement et un assèchement de la nappe d'eau.

Les formes nectoniques sont représentées par des céphalopodes (ammonites, bélemnites) et une grande diversité de poissons. Parmi ces derniers, le genre *Microdon* est un brouteur de corail au corps comprimé latéralement et à la forte denture adaptée à un régime durophage. Des coprolithes (*Lumbricaria*) attribués à des poissons témoignent de l'autochtonie de la faune ichthyologique. Elle est confirmée par la fréquence des formés juvéniles qui évoque la proximité de frayères.



Foto 6.—Coprolithe de poisson (*Lumbricaria*) à la surface d'un banc de calcaire lithographique (Kiméridgien supérieur, Cerin, France). Dimension du coprolithe: 3 cm.

Foto 6.—Coprolito de pez (*Lumbricaria*) en la superficie de un banco de caliza litográfica (Kiméridgiense superior de Cerin, Francia). Dimensión del coprolito: 3 cm.

- Des domaines émergés de la barrière corallienne proviennent des végétaux et des animaux terrestres. Les plantes appartiennent aux fougères, aux ptéridospermales, aux cycadales. La forme la plus commune est *Zamites*, une bennettitale, dont le port était voisin de celui d'un palmier nain. Ses frondes aux folioles coriaces parsèment parfois entièrement la surface des bancs. La flore arborescente est représentée par des rameaux de coniférales (*Brachyphyllum*, *Pagiophyllum*).

Les animaux de la terre ferme se rattachent à différents groupes de reptiles: des tortues, des rhynchocéphales (*Homoeosaurus*), des crocodiles... L'existence de reptiles volants est attestée par quelques os isolés.

Parmi les documents remarquables exhumés sur le chantier de fouilles, figurent des pistes de vertébrés terrestres. Une piste de tortue géante fut dégagée sur une longueur de 7 m. D'autres traces de locomotion sont attribuées à des reptiles se déplaçant par bonds. Seuls les membres postérieurs entraient en contact avec le substrat. En arrière de chaque empreinte apparaît un bourrelet formé par la boue que l'animal repoussait en prenant son élan. La largeur des pistes était de 1,40 m; la longueur des bonds dépassait 2 m. Ces dimensions indiquent que les auteurs des empreintes étaient des animaux de grande taille, en l'occurrence des dinosaures (*Saltosauropus*). La fréquence des pistes de vertébrés terrestres conforte l'idée d'exondations répétées du milieu aquatique et la proximité de terres émergées.

En résumé, la coexistence à la surface des mêmes bancs d'organismes aquatiques et d'organismes terrestres, s'explique par un contexte paléogéographique singulier, une lagune dont la tranche d'eau était soumise à des épisodes répétés de confinement et d'émersion. Lors de l'assèchement partiel de leur environnement, les animaux aquatiques se réfugiaient dans des flaques résiduelles ou mouraient sur place. La prolifération des voiles cyanobactériens piégeait ensuite les restes organiques, les soustrayant à l'appétit des prédateurs et les protégeait de l'action des vagues et des courants. Elle rend compte de l'intégrité de bon nombre de squelettes.

Lors des tempêtes, restes végétaux et cadavres de vertébrés terrestres venaient s'échouer dans la lagune. Lorsque celle-ci venait à s'assécher, elle était empruntée par des groupes de reptiles en quête de nourriture qui imprimaient leurs traces dans la boue encore molle.

La reconstitution du paléoenvironnement de Cerin et des modalités de la fossilisation a été rendue possible grâce à l'ample moisson d'informations apportées par l'analyse taphonomique que seule peut réunir une exploitation systématique des gisements fossilifères telle qu'elle est pratiquée au niveau des chantiers de fouilles paléoécologiques.



Foto 7.—Piste de tortue avec les empreintes des pattes gauche et droite accompagnées par deux sillons (arapace, pattes postérieures?) à la surface d'un banc de calcaire lithographique (Kimmeridgien supérieur, Cerin, France). L'échelle est donnée par la brosse.

Foto 7.—Pista de tortuga con las impresiones de las patas izquierda y derecha acompañadas por dos surcos (correspondientes al caparazón o a las patas posteriores?), en la superficie de un banco de caliza litográfica (Kimmeridgiense superior de Cerin, Francia). La escala viene dada por el cepillo.



Foto 8.—Empreintes de pas de reptile à la surface d'un banc de calcaire lithographique (Kimméridgien supérieur, Cerin, France). Le bourrelet de boue repoussé par l'animal est bien apparent au niveau de l'empreinte de gauche. Diamètre du cache-objectif: 5,5 cm.

Foto 8.—Impresiones del paso de un reptil en la superficie de un banco de caliza litográfica (Kimmeridgiense superior de Cerin, Francia). El reborde de fango desplazado por el animal es claramente visible sobre la impresión de la izquierda. Diámetro del cubre-objetivo: 5,5 cm.

5. L'IMPACT ANTHROPIQUE

Depuis quelques millions d'années, la biosphère s'enrichit d'une composante nouvelle: l'homme.

Jusqu'à l'époque Holocène, sa présence et son impact sur l'environnement demeurent discrets. Il y a 10.000 ans, l'homme se sédentarise. Il domestique les animaux, cultive et défriche la terre. En même temps, l'humanité connaît une explosion démographique considérable.

L'impact des activités humaines ira en croissant.

Il se traduit par une réduction de la biodiversité, par une destabilisation de certains écosystèmes comme les forêts tropicales, les zones humides ou les récifs, par une modification des climats, par de multiples pollutions et nuisances...

L'archéologue et l'historien qui se penchent sur les civilisations disparues pour reconstituer des modes de vie, une organisation sociale ou le niveau technique atteint par les hommes, adoptent la même démarche que le paléon-

logue étudiant un gisement fossilifère. Ils s'interrogeront sur la signification et la représentativité des archives exhumées du sol : les outils, les constructions, les sépultures... mais également les décharges qui sont symptomatiques du comportement des sociétés, et l'art, une activité spécifiquement humaine, qui reflète la vision du monde et les interrogations de l'humanité.

CONCLUSION

Au cours des temps géologiques, les écosystèmes se complexifient. A un monde microbien, omniprésent et toujours actif dans la nature actuelle, s'ajoute progressivement l'impact des macroorganismes, végétaux et animaux.

L'emprise des êtres vivants, de la biosphère, sur la surface du globe s'accroît.

Les archives fossiles mises à la disposition des paléontologues s'enrichissent. Les démarches pour reconstituer les écosystèmes anciens gagnent en finesse.

Vers la fin du Paléozoïque, la structuration des écosystèmes actuels avec leurs équilibres et leurs interactions semble acquise.

Une dimension supplémentaire, planétaire et cosmique, est introduite avec l'épanouissement de l'humanité.

Il revient à la taphonomie d'analyser la signification des archives paléontologiques en reconnaissant les altérations et les distorsions qu'elles ont subies au cours de leur histoire.

C'est grâce à un examen critique approfondie des processus taphonomiques, que les fossiles joueront pleinement leur rôle d'outil fondamental pour la paléoécologie, la biostratigraphie, la biochronologie mais également pour l'archéologie et l'étude des bassins sédimentaires, réflexions qui font l'objet du deuxième colloque sur la taphonomie et la fossilisation organisé à Zaragoza à l'initiative du Professeur Guillermo MELÉNDEZ.

REFERENCES

- ALLISON, P. A. & BRIGGS, D. E. G. (1991): «Taphonomy», *Releasing the data locked in the fossil record*, Plenum Press, New York, 550 pp.
- GALL J. C. (1995): «Paléoécologie», *Paysages et environnements disparus*, Masson édit., Paris, 239 pp.
- FERNÁNDEZ-LÓPEZ, S. (1991): «Sistemas tafonómicos: función y evolución», *Revista Española de Paleontología*, vol. extr., 21-34.

Manuscrito recibido: 03-09-96

Manuscrito aceptado: 15-05-97