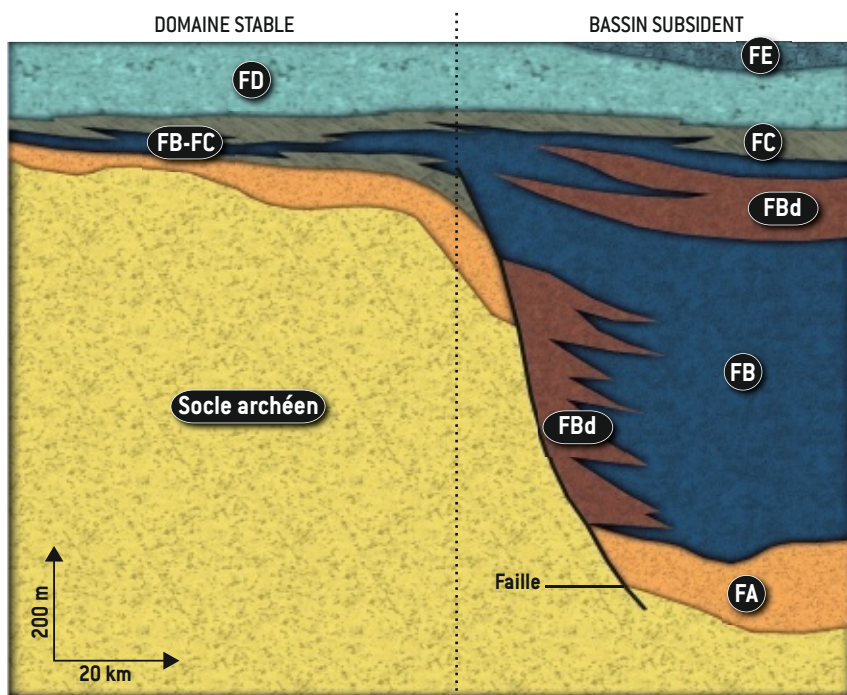




4. LE DÉPÔT DE LA COUCHE SÉDIMENTAIRE du Francevillien A (FA, couche de grès) a précédé un phénomène tectonique qui a formé des fossés d'effondrement (ou de subsidence). L'accumulation de sédiments (FB : argilites riches en matière organique ; FBd : produits détritiques issus de l'érosion des marges des bassins et du volcanisme) a été plus abondante dans ces bassins, jusqu'à ce que la subsidence cesse. Ensuite, les dépôts se sont uniformisés (couches supérieures ; FC : dolomies et jaspes ; FD : grès et pélites ; FE : grès).

du Francevillien D leur donne une ancienneté de 2,08 milliards d'années. Il s'ensuit que les niveaux fossilifères du Francevillien B et du Francevillien C, plus profonds, sont à peu près de cet âge, ou un peu plus anciens.

Des environnements diversifiés contrôlés par la tectonique

Ce sont ces couches du Francevillien B et C qui contiennent des traces de formes de vie organisées, des stromatolithes, des microsphères, ainsi que les fossiles découverts par l'équipe d'A. El Albani. Dans quels environnements se sont développés ces organismes primitifs ? Nous avons pu reconstituer le puzzle en analysant les roches sédimentaires, leur localisation, leur contenu isotopique et en étudiant les bioconstructions qui y sont conservées. Il en ressort que ces milieux se répartissent en fonction du contexte tectonique de l'époque.

Les domaines stables, c'est-à-dire non touchés par la tectonique, comme le bassin des Abeilles, comportaient des dépressions peu profondes qui accueilleraient des mers intérieures ou des lagunes riches

en matière organique. Leurs rivages étaient constitués d'étendues très peu profondes, où proliféraient les stromatolithes, et de plaines côtières sursalées. Ces mêmes environnements se retrouvaient sur les hauts-fonds séparant les fossés subsidents de Franceville et d'Okondja. Ces derniers étaient occupés par des mers étroites, sans doute plus profondes, bordées de reliefs montagneux et parfois de volcans en activité (un peu à l'image du graben rhénan à l'époque tertiaire).

Les domaines stables et les hauts-fonds couvraient de grandes superficies, du bassin des Abeilles à la région de Lastoursville, et s'étendaient également entre les bassins d'effondrement. L'analyse sédimentologique distingue plusieurs types de milieux au sein de ces zones (voir la figure 5). L'abondance des stromatolithes indique la présence d'étendues planes, où l'eau était très peu profonde : ces environnements marins, nommés platiers, sont particulièrement favorables à l'apparition de ces constructions biologiques (comme on peut en trouver aujourd'hui dans les eaux peu profondes du littoral Ouest de l'Australie, dans la baie des Requins). Les stromatolithes francevilliens rassemblent une grande diversité morphologique, qui indique la coexistence dans ces platiers de conditions écologiques (agitation de l'eau, profondeur, etc.) variées (voir la figure 6).

Les récifs constitués de stromatolithes ramifiés correspondraient plutôt à des eaux peu profondes et agitées : leurs branches piègent les débris d'autres stromatolithes brisés par la houle ou les courants. Certains de ces récifs ont plus d'une centaine de mètres d'extension horizontale. D'autres édifices isolés forment des colonnes atteignant plusieurs mètres de hauteur ; ils révèlent des milieux toujours fortement agités, mais probablement situés sous la zone de balancement des marées. Il pourrait s'agir de chenaux de marée ou de passes séparant des lagunes. On rencontre dans ces environnements des oncoïdes, granules concentriques ovoïdes de quelques millimètres à quelques centimètres de diamètre résultant de l'activité de cyanobactéries. Aujourd'hui, on en trouve dans les eaux agitées de la zone de balancement des marées des Bahamas ou du golfe Persique.

Plus au large, les dépressions marines étaient le siège d'une sédimentation de vases noires, riches en matière organique. Cette matière organique proviendrait de la dégradation continue des édifices micro-

biens colonisant les platiers situés à leur périphérie. Sa préservation indique que le fond de ces bassins était dépourvu d'oxygène libre, qui l'aurait dégradée. Ces conditions anaérobies devaient probablement être atteintes à relativement faible profondeur, comme l'indique la présence de couches sédimentaires intertidales, subissant l'alternance des marées, donc proches de la surface. Nous imaginons ces milieux de dépôt comme des mers peu profondes ou des lagunes interconnectées.

Des lagunes salées sous un climat chaud

Certaines de ces lagunes, isolées du milieu marin, ont vu leurs caractéristiques chimiques se modifier sous l'effet d'une forte évaporation. Les ions en solution se sont alors concentrés, jusqu'à ce qu'ils précipitent sous la forme de boues carbonatées riches en magnésium (la dolomie) et de sels (dépôts évaporitiques). On les retrouve dans les régions de Lastoursville et Franceville (dans le site de Djibalonga), où les dolomies contiennent des minéraux évaporitiques typiques de milieux sursaturés en sels (cristaux de sulfate de sodium). Ces sédiments suggèrent un environnement de lagunes confinées, calmes et peu profondes, dans un climat chaud, aride à

semi-aride. Un exemple actuel peut être fourni par les sebkhas littorales du golfe Persique, également colonisées par des stromatolithes. Cette interprétation est confirmée par l'analyse des isotopes de l'oxygène dans les dolomies (une forte évaporation favorise l'appauvrissement des dolomies en oxygène 16, l'isotope léger de l'oxygène).

Quant aux fossés d'effondrement de Franceville et d'Okondja, formés par subsidence, ils étaient occupés par des mers plus profondes, sièges d'une sédimentation argileuse épaisse, riche en matière organique (roches ampélitiques). Cette matière organique provient ici aussi, sans doute en grande partie, des stromatolithes présents sur les platiers à la périphérie des bassins. On peut aussi envisager une participation du phytoplancton, dont témoignerait la présence d'acritarches (terme dérivé du grec *akritos*, signifiant incertain ou confus, et de *arche*, signifiant origine), microfossiles dont on ignore la nature précise (voir l'encadré page 57) : algue, spore, champignon ? Enfin, cette matière organique pourrait avoir une origine locale, résultat de la colonisation du fond marin par des organismes similaires à ceux découverts par l'équipe de A. El Albani.

Comment expliquer qu'une telle quantité de matière organique ait été conservée ?

✓ BIBLIOGRAPHIE

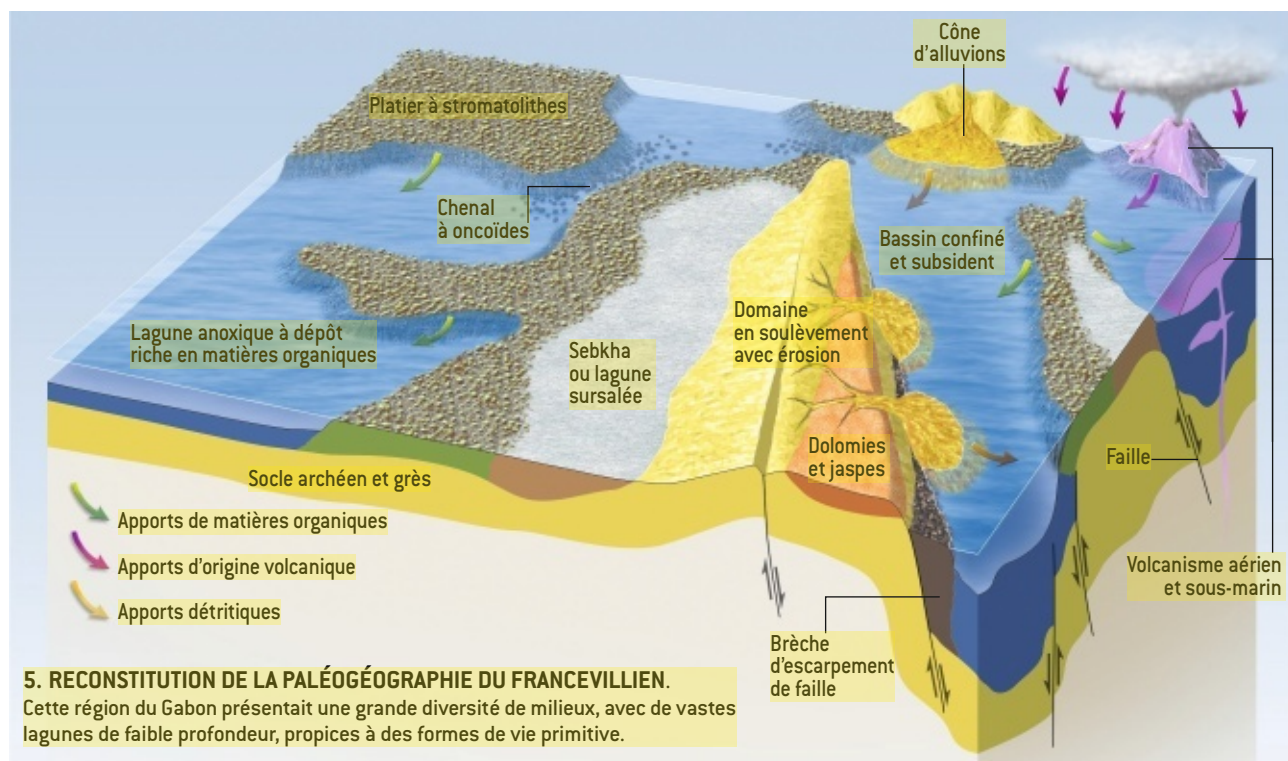
A. Préat *et al.*, *Paleoproterozoic high $\delta^{13}\text{C}$ dolomites from the Lastoursville and Franceville basins (SE Gabon) : stratigraphic and syndimentary subsidence implications*, *Precambrian Research*, vol. 189, pp. 212-228, 2011.

A. Meinesz, *Comment la vie a commencé*, Belin, 2^e édition, 2011.

A. El Albani *et al.*, *Large colonial organisms with coordinated growth in oxygenated environments 2.1 Gyr ago*, *Nature*, vol. 466, pp. 100-104, 2010.

S. Simpson, *Premières traces de vie*, *Pour la Science*, n° 308, juin 2003.

R. Feys *et al.*, *À propos de l'ancienneté de la flore continentale : découverte de « charbons » et de « Phytomorphes » dans le Francevillien (Précambrien du Gabon)*, *Bulletin de la Société Géologique de France*, vol. 7, pp. 638-641, 1966.



En 1966, Robert Feys, Charles Greber et Michel Pascal, trois géologues français du BRGM, ont présenté des charbons collectés lors de reconnaissances géologiques dans le Francevillien. Ces trouvailles auraient dû intriguer la communauté scientifique. L'examen au microscope montrait des restes organisés qui, selon les découvreurs, se rapprochent des Botryococcées (*Botryococcus* est une algue verte d'eau douce). Ces charbons se seraient donc formés par l'accumulation d'algues (a).

L'article relatant la découverte dans le bulletin de la Société géologique de France n'eut guère de retentissement, sans doute en raison de sa conclusion spectaculaire, selon laquelle ces charbons témoigneraient de l'extrême ancienneté de la colonisation des

continents par les végétaux, alors que les premières plantes terrestres connues datent d'environ 400 millions d'années.

Deux ans plus tard, Francis Weber, de l'Université de Strasbourg, mentionne des formes sphériques qu'il qualifie prudemment d'organismes « possibles » (b). Mesurant 30 à 40 micromètres, elles proviennent de jaspes du Francevillien C, roches silicifiées riches en matière organique. Contrairement aux microfossiles de la formation de Gunflint, en Amérique du Nord, ces sphères ne feront l'objet d'aucune étude spécifique et tomberont dans l'oubli durant une trentaine d'années.

Les auteurs de cet article les ont retrouvées lors de nouveaux prélèvements observés en lames minces (b). Elles peuvent être qualifiées d'acritarches, terme généra-

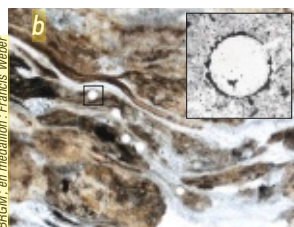
que décrivant des systèmes organiques, en forme de spores, dont la nature biologique n'est pas connue. Certaines pourraient être des algues vertes unicellulaires.

Les formes de vie les plus évidentes et les plus communes n'ont été décrites qu'en 1992 et 1997 par Janine Bertrand-Sarfati, Benoît Potin et Bertrand Amard, de l'Université de Montpellier. Il s'agit de constructions stromatolithiques découvertes à proximité de Franceville. Elles forment une association de microfossiles équivalente à celle retrouvée dans la formation de Gunflint, qui lui est presque contemporaine. Parmi les 13 taxons identifiés figurent deux microbiotes communs de Gunflint : *Gunflintia*, un filament bactérien (c), et *Huroniospora*, une microsphère de six à huit micromètres de diamètre.

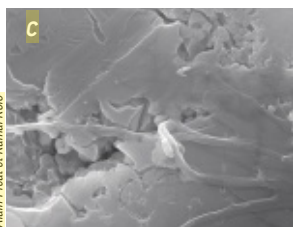
Enfin, l'équipe internationale coordonnée par Abderrazak El Albani, de l'Université de Poitiers, a récemment mis au jour quelque 250 supposés fossiles mesurant entre 10 et 120 millimètres (d). La microtomographie à haute définition (par rayons X) met en évidence une organisation interne élaborée : des lamelles qui semblent assez flexibles entourent un centre plus dense, structure qui diffère de celles des concrétions minérales, d'ordinaire assez régulières. De plus, l'analyse des isotopes du carbone et du soufre indique qu'elles ont une origine organique. Ces chercheurs y voient les traces de possibles colonies bactériennes, ou plutôt d'organismes pluricellulaires eucaryotes (c'est-à-dire dont les cellules sont pourvues d'un noyau).



R. Feys et al., Bull. Soc. Géol. de France



BRGM, en médaillon : Francis Weber



Alain Preat et Kamal Kolo



A. El Albani/A. Mazurier

Une stratification des eaux identique à celle décrite précédemment pour les domaines de plates-formes a permis à la matière organique, produite dans la tranche superficielle oxygénée des plans d'eau, d'atteindre les parties plus profondes où l'absence d'oxygène l'a protégée de la dégradation. La forte subsidence des bassins a enfin assuré un enfouissement rapide, favorisant sa préservation dans les sédiments. Ces conditions anaérobies ont pu se développer en raison de l'exiguïté des bassins, qui empêchait une bonne circulation des masses d'eau et favorisait donc leur stratification.

Au sein de l'accumulation sédimentaire argileuse des fossés d'effondrement, on trouve des corps détritiques grossiers, qui constituent la principale spécificité de ces bassins par rapport aux domaines stables. Ces conglomérats contiennent des blocs de roches archéennes (granites et gneiss) et francevilliennes (grès, dolomies et jaspes à stromatolithes). Ils indiquent une forte érosion des bordures émergées du bassin, périodiquement

rehaussées par l'activité tectonique. Ce phénomène a alimenté la sédimentation sous-marine en coulées de débris et de sables grossiers, que l'on retrouve dans les dépôts du Francevillien B.

Cette couche géologique contient également des roches volcaniques qui contribuent elles aussi au remplissage des fossés. L'activité volcanique se situe principalement dans la région d'Okondja, où le puissant complexe volcanique de N'goutou est à l'origine de coulées sous-marines qui s'intercalent dans les dépôts sédimentaires. Les matériaux magmatiques qui en sont issus pourraient être la source du fer et surtout du manganèse, que l'on trouve en abondance dans le Francevillien (la mine de Moanda, près de Franceville, est l'un des plus riches gisements de manganèse au monde).

Ces bassins francevilliens, où des formes primitives de vie se sont développées, constituent un objet d'étude de choix. La conjonction entre une forte subsidence, qui a conduit à un enfouissement rapide des

sédiments, et une anoxie généralisée, laquelle a préservé la matière organique de la dégradation par l'oxygène, est à l'origine de la très bonne préservation des fossiles d'organismes qui colonisaient la région il y a deux milliards d'années.

Des milieux stérilisés par le volcanisme ?

Mais ces milieux favorables à la vie et ces conditions de préservation idéales semblent avoir disparu à la fin du Francevillien C. Cette couche géologique est systématiquement couronnée par une à plusieurs dizaines de mètres de roches silicifiées : les jaspes. La silice imprègne alors les roches sédimentaires, mais aussi les roches d'origine volcanique.

Il est possible qu'une intensification de l'activité volcanique ait produit suffisamment de cendres pour stériliser les écosystèmes et apporter la silice nécessaire à la formation des jaspes. Cependant, cette hypothèse de la « chape de cendres »