

**HABILITATION A DIRIGER DES RECHERCHES  
UNIVERSITE DE LILLE****NOM/PRENOM DU CANDIDAT : LEPOT Kevin**

Ecole doctorale : SMRE

Laboratoire/Etablissement : LOG / Université de Lille

Discipline : Terre solide : géodynamique des enveloppes supérieures, paléobiosphère

**JURY :**

- Garant de l'habilitation : **Pr. Nicolas Tribovillard**, LOG, Université de Lille/CNRS/ULCO
- Rapporteurs : **Pr. Roger Buick**, University of Washington, **Pr. Shuhai Xiao**, Virginia Polytechnic Institute and State University, **Dr. Sylvain Bernard**, IMPMC Sorbonne Université/CNRS/IRD/MNHN
- Examineurs : **Dr. Karim Benzerara**, IMPMC Sorbonne Université/CNRS/IRD/MNHN, **Pr. Abderrazak El Albani**, IC2MP, Université de Poitiers/CNRS, **Dr. Mark Van Zuilen**, IPGP, Université de Paris/CNRS

**SOUTENANCE : 15 octobre 2019 à 14h, Amphithéâtre bâtiment CERLA, Cité Scientifique,  
59650 Villeneuve d'Ascq****TITRE DE L'HDR :**

Investigation des traces de vie microbienne primitive dans les roches et de leurs équivalents modernes aux hautes résolutions spatiales.

**RESUME :**

Les traces de vie datées du Précambrien (période de 541 millions à 4,54 milliards d'années avant le présent) comprennent des microorganismes fossiles dont des parties « molles » organiques microscopiques sont préservées dans les roches. Elles comprennent aussi des structures minérales et sédimentaires, telles que des stromatolithes, formées en présence de microorganismes. De plus, les rapports isotopiques tels que les abondances relatives du  $^{13}\text{C}$  et du  $^{12}\text{C}$  portent les signatures des métabolismes de diverses espèces chimiques. Nous avons documenté—aux échelles micrométriques et sub-micrométriques—des traces de vie microbienne discutables et/ou peu caractérisées dans des roches du Précambrien ainsi que des microorganismes modernes en cours de dégradation. Les techniques utilisées sont présentées en Partie 1. La Partie 2 passe en revue les traces de vie morphologiques, moléculaires, isotopiques et sédimentaires/minéralogiques que nous (et d'autres) avons étudié dans les roches de l'éon Archéen (2,5 à ~3,9 milliards d'années avant le présent). En particulier, cette partie met en lumière les difficultés à identifier les plus anciens microorganismes fossiles sur la seule base de la morphologie et montre l'importance de la spectrométrie des rapports isotopiques et des techniques de spectroscopie. La Partie 3 détaille la caractérisation de tapis microbiens modernes dominés par des bactéries photosynthétiques productrices d'oxygène (les cyanobactéries). La démonstration de la préservation *in situ* de molécules de pigments dans des microorganismes en cours de décomposition suggère que les dérivés de ces pigments pourraient être utilisés pour identifier des microfossiles dans des roches âgées de milliards d'années. La Partie 4 détaille la caractérisation de microorganismes fossiles du Paleoproterozoïque (1,6 à 2,5 milliards d'années avant le présent). Nous mettons en évidence des textures liées à la fossilisation des structures cellulaires qui devraient aider à distinguer les plus anciens microfossiles probables des « imitations » non cellulaires issues du monde minéral. L'étude des ultrastructures cellulaires préservées et des minéraux riches en fer associés a fourni des arguments en faveur d'une domination par des microorganismes photosynthétiques oxygéniques dans des tapis microbiens ayant formés des stromatolithes dans des environnements riches en fer. Cela a aussi montré une oxydation du fer—probablement par un métabolisme chimiotrophe—dans des assemblages de microorganismes benthiques fossiles formant des « toiles » sous des eaux profondes. La Partie 5 montre nos recherches en cours et proposées, avec un *focus* sur le besoin de développer des techniques de spectrométrie de masse de haute résolution spatiale permettant de contraindre la nature de (micro)fossiles individuels par leurs signatures moléculaires. Les premières cibles de cette nouvelle approche sont les plus anciens écosystèmes continentaux fossiles (407 millions d'années) et des assemblages de microfossiles du Néoproterozoïque (~1000 à 541 millions d'années avant le présent).

**HABILITATION A DIRIGER DES RECHERCHES  
UNIVERSITE DE LILLE****NAME/SURNAME OF THE CANDIDATE: LEPOT Kevin**

Doctoral School: SMRE

Laboratory/Institution: LOG / Université de Lille

Discipline: Terre solide : géodynamique des enveloppes supérieures, paléobiosphère

**HDR COMMITTEE :**

- Supervisor: **Pr. Nicolas Tribovillard**, LOG, Université de Lille/CNRS/ULCO
- Referees: **Pr. Roger Buick**, University of Washington, **Pr. Shuhai Xiao**, Virginia Polytechnic Institute and State University, **Dr. Sylvain Bernard**, IMPMC Sorbonne Université/CNRS/IRD/MNHN
- Examiners: **Dr. Karim Benzerara**, IMPMC Sorbonne Université/CNRS/IRD/MNHN, **Pr. Abderrazak El Albani**, IC2MP, Université de Poitiers/CNRS, **Dr. Mark Van Zuilen**, IPGP, Université de Paris/CNRS

**DEFENSE : 15 octobre 2019 à 15h, Amphithéâtre bâtiment CERLA, Cité Scientifique, 59650  
Villeneuve d'Ascq****TITLE OF THE HDR :**

Investigations into traces of early microbial life in rocks and their modern counterparts at high spatial resolutions

**ABSTRACT :**

Fossil traces of life from the Precambrian (4.54 billion to 541 million years ago) comprise fossil microorganisms, which are generally preserved as "soft" microscopic organic parts in rocks. They also include mineral and sedimentary structures—such as stromatolites—that accreted in presence of microorganisms. In addition, isotope ratios such as the relative abundances of  $^{13}\text{C}$  and  $^{12}\text{C}$  can bear signatures of the metabolisms of various chemical species. We have documented—at the micrometer and submicrometer scales—putative and/or poorly characterized microbial imprints in Precambrian rocks as well as modern microorganisms in their earliest stages of *post-mortem* degradation. The techniques used are presented in Part 1. The second part reviews the morphological, molecular, isotopic and sedimentary/mineralogical traces of life we (and others) have investigated in rocks of the Archean eon (~3.9 to 2.5 billion years ago). In particular, this part highlights the difficulties to identify the oldest fossil microorganisms based on morphology alone and shows the importance of combined isotope ratio spectrometry and spectroscopy techniques. Part 3 shows the characterization of modern microbial mats dominated by oxygen-producing photosynthetic bacteria (cyanobacteria). The demonstration of *in situ* preservation of pigment molecules within recent decaying cells suggests their derivatives could be used to identify microfossils in billion-year old rocks. Part 4 shows the characterization of fossil microorganisms from the Paleoproterozoic (2.5 to 1.6 billion years ago). We provide textural constraints on the fossilization of cellular structures that should help distinguish older candidate microfossils from non-cellular, mineral-templated mimics. Investigation of preserved cellular ultrastructures and associated iron-rich minerals provided evidence for stromatolite-forming microbial mats dominated by oxygenic photosynthesizers in Fe-rich environments. It also provided evidence for Fe-oxidation—possibly resulting of chemotrophic metabolism—within a deep-water benthic microfossil assemblage forming cobweb structures. Part 5 highlights ongoing and proposed research, focusing on the need to develop high spatial resolution mass spectrometry techniques to constrain the nature of single (micro)fossils based on their molecular fingerprints. The oldest fossil terrestrial ecosystems (407 million year old) and Neoproterozoic (541 to ~1000 million year old) assemblages of microfossils will be the first targets of this novel approach.