

Influence de la radioactivité naturellement renforcée (NOR) sur les peuplements de diatomées actuelles et passées des sources minérales

Lory-Anne Baker^(1,2,5), Aude Beauger^(2,5), Sofia Kolovi^(3,5), Olivier Voldoire^(2,5), Elisabeth Allain^(2,5), Jonathan Colombet^(1,5), Vincent Breton^(3,5), Patrick Chardon^(3,5), Didier Miallier^(3,5), Céline Bailly^(4,5), Gilles Montavon^(4,5), Agnès Bouchez⁽⁶⁾, Frédéric Rimet⁽⁶⁾, Cécile Chardon⁽⁶⁾, David G. Biron^(1,5)

⁽¹⁾ Université Clermont Auvergne, CNRS, UMR6023, LMGE, F-63178 Aubière, France; ⁽²⁾ Université Clermont Auvergne, CNRS, UMR6042, GEOLAB, F-63000 Clermont-Ferrand, France; ⁽³⁾ Université Clermont Auvergne, CNRS/ IN2P3, UMR 6533, LPC, F-63178 Aubière, France; ⁽⁴⁾ Université de Nantes, CNRS/IN2P3, UMR 6457, Subatech, F-44307 Nantes, France; ⁽⁵⁾ LTSE "Zone Atelier Territoires Uranifères", Clermont-Ferrand, France; ⁽⁶⁾ Université Savoie Mont Blanc, INRAE, UMR 0042, CARRTEL, F-74200 Thonon, France

mail: l-anne.baker@etu.uca.fr

Introduction

Les diatomées sont des micro-algues bio-indicatrices de la qualité d'un habitat aquatique. Capables d'absorber et d'adsorber des radioéléments ces organismes sont particulièrement exposés à la radioactivité. Une étude sur les communautés de diatomées de certaines sources minérales radioactives d'Auvergne a démontré que les diatomées présentent un taux de déformations plus élevé dans les sources les plus radioactives¹. L'effet de faibles doses de radioactivité sur les organismes est encore mal compris aujourd'hui². L'étude des communautés de diatomées ayant colonisées des environnements dont la radioactivité est naturellement renforcée (NOR: Natural Occurring Radioactivity) permet d'aborder cette question.

Comment la radioactivité naturellement renforcée (NOR) influence-t-elle les communautés de diatomées dans les sources minérales ?

Pour répondre à cette question, une première approche expérimentale est utilisée: « approche synchronique » (A). Il s'agit de (1) comprendre l'impact de la radioactivité naturellement renforcée (NOR) sur la composition, la richesse et la diversité des communautés de diatomées actuelles, (2) de déterminer les espèces sensibles, tolérantes ou résistantes à la radioactivité, (3) d'appréhender la structuration de ces communautés le long de différents gradients de radioactivité et à différentes échelles et (4) d'étudier la corrélation entre le degré de radioactivité, la fréquence des individus déformés et la taille des espèces. Puis une seconde approche expérimentale, dite « diachronique » (B), permettra (1) d'observer l'évolution des populations de diatomées au cours des périodes enregistrées dans les sédiments et de (2) déterminer l'influence de la radioactivité naturelle au fil du temps sur les peuplements de diatomées anciens. Dans le but de répondre à ces objectifs, 25 sources minérales d'Auvergne (Figure 1) avec différents niveaux de radioactivité compris entre 2 et 3 450 Bq/L de radon ont été échantillonnées lors de deux campagnes d'échantillonnage, une à l'automne 2019 et l'autre durant le printemps 2020. De plus, grâce à leur enveloppe externe siliceuse (frustule), les diatomées peuvent être fossilisées. Ainsi, le travertin de la source nommée « La Montagne », la plus radioactive de France, et étudiée dans le projet DISCOVER a été carotté en juillet 2020.

Approches expérimentales

A. Approche synchronique

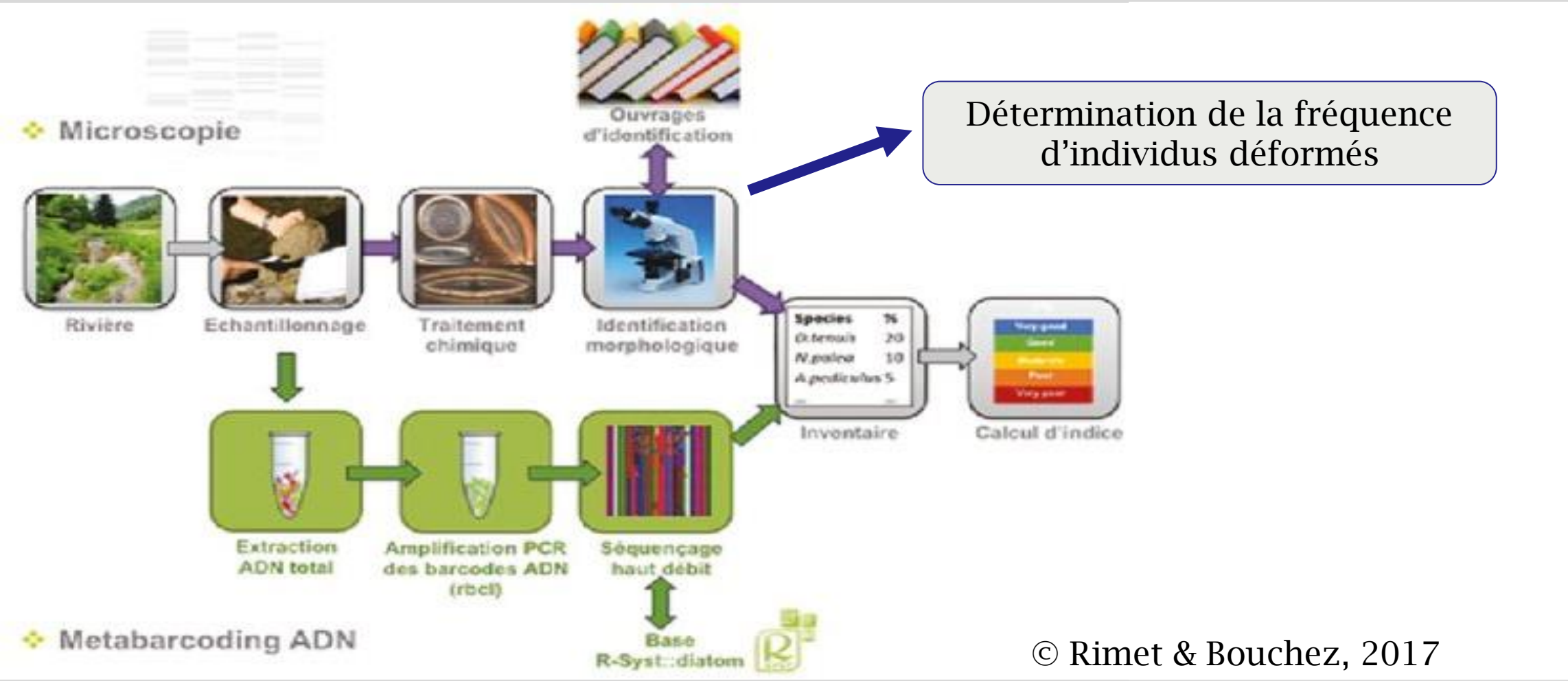
Collecte d'échantillons de diatomées

- Prélèvements d'échantillons biologiques à partir du substrat dominant à l'émergence des sources

Mesures des variables physico-chimiques et radiologiques des sources

- Mesures *in-situ*:** conductivité (µS/cm), température (°C), oxygène dissous (% et mg/L), rayonnement gamma (nSv/h)
- Mesures en laboratoire:** pH, carbonates (mg/L), analyse par chromatographie des ions majeurs
- Mesures en laboratoire:** Analyses des radioéléments et des éléments traces dans les eaux et les sédiments, par ICP-MS, ICP-MS-HR et/ou spectrométrie gamma (Subatech)

Analyses morphologique et génétique des communautés de diatomées



B. Approche diachronique

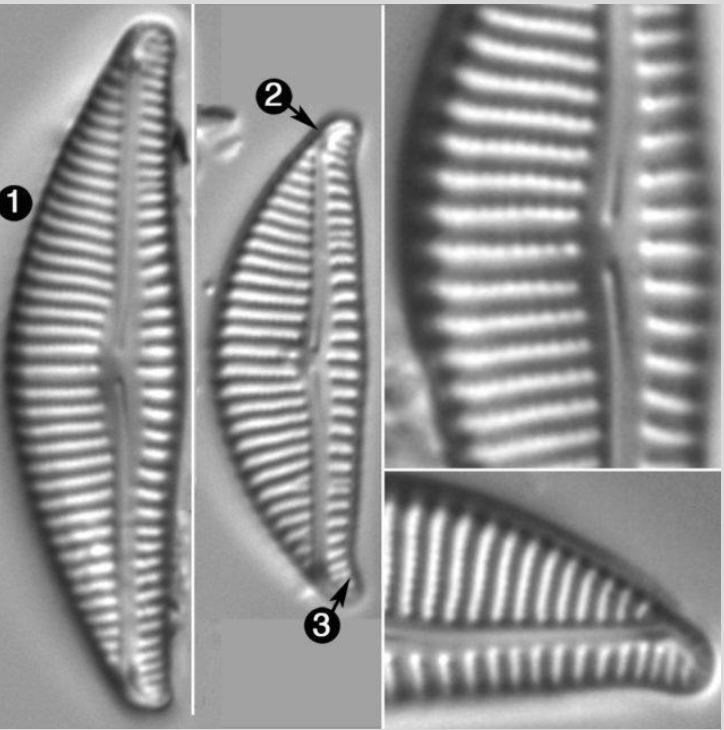
Carottage et sondage du travertin de La Montagne, source la plus radioactive de France



Reconstitution paléo-environnementale à partir du travertin de la source La Montagne

- Description des carottes et prélèvement d'échantillons des différentes couches stratigraphiques
- Datation de la carotte à partir des descendants du radium (LPC)

Analyse morphologique des communautés de diatomées fossiles



Les espèces présentes dans les différentes couches stratigraphiques sont déterminées. A partir des ces données, des diagrammes stratigraphiques sont obtenus afin d'observer l'évolution des communautés au fil du temps.

Analyse morphologique des communautés de diatomées actuelles

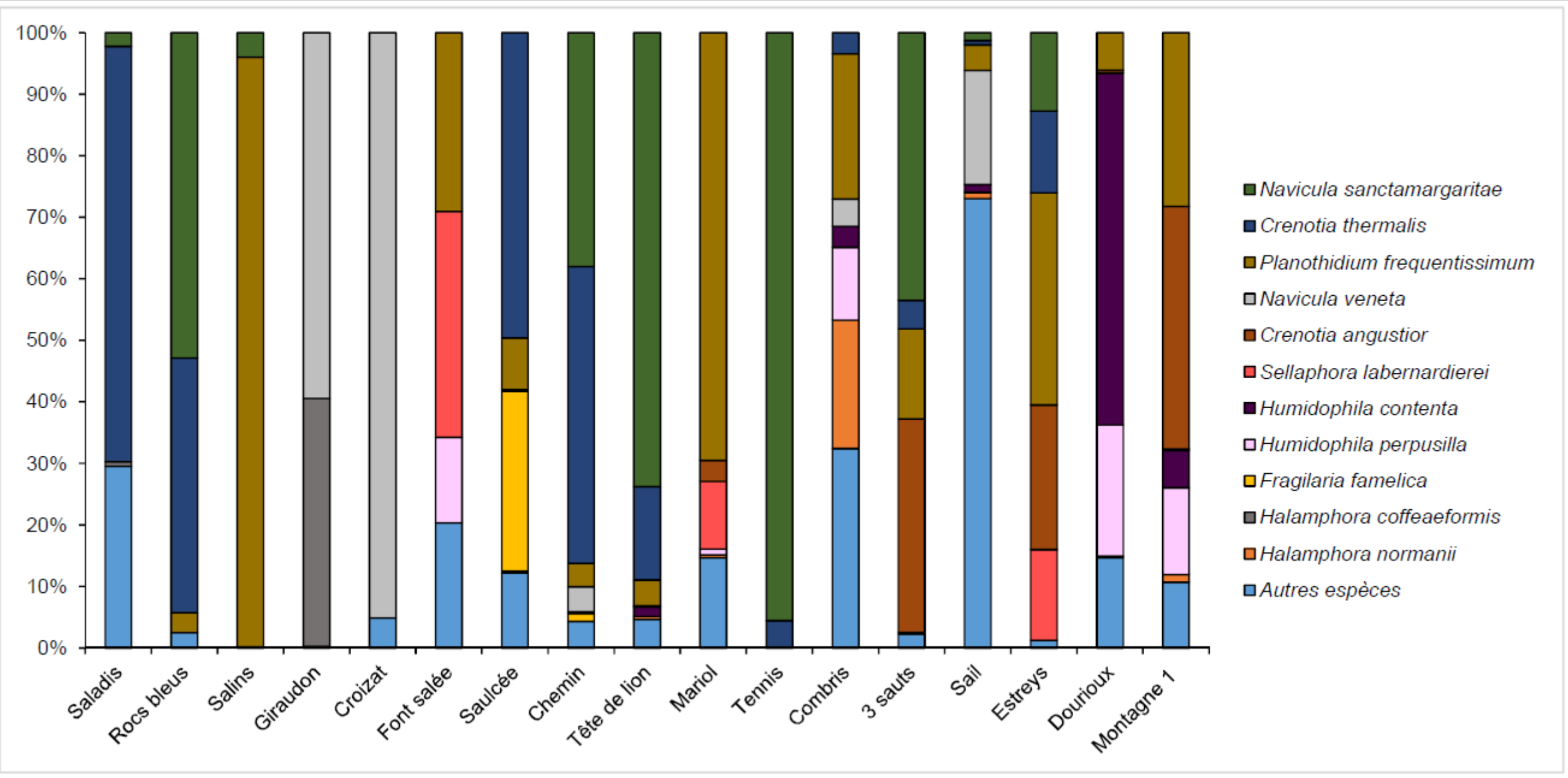


Figure 2: Abondances relatives (%) des espèces de diatomées dominantes (>1%) dans l'ensemble des échantillons de sources minérales collectés en automne 2019

- Durant l'automne 2019, onze espèces appartenant à sept genres de diatomées représentent les taxons les plus abondants (Figure 2). Ces espèces sont *Crenotia thermalis*, *C. angustior*, *Fragilaria famelica*, *Halamphora coffeaeformis*, *H. normanii*, *Humidophila contenta*, *H. perpusilla*, *Navicula veneta*, *N. sanctamargaritae*, *Planothidium frequentissimum* et *Sellaphora labernardierei*. Ces genres sont couramment retrouvés dans les cours d'eau et les sources minérales d'Europe³ et d'Auvergne⁴. Selon Lai et al. (2019), *C. thermalis* est rencontrée dans des sources riches en électrolytes. *N. sanctamargaritae* est observée dans des eaux très minéralisées. Cette dernière est souvent présente en association avec *C. thermalis*. *P. frequentissimum* est décrite dans des eaux avec de fortes températures et conductivités mais l'espèce possède une large gamme écologique. *S. labernardierei* est une espèce récemment décrite en Auvergne (Beauger et al, 2016). *C. angustior* est typique des eaux sulfatées et chlorurées⁵. *H. normanii* est une espèce rare³. *H. coffeaeformis* est typique des habitats riches en sel et en électrolytes. *N. veneta* est associée à des eaux saumâtres, riches en électrolytes. Enfin, *H. contenta* et *H. perpusilla* font partie des espèces qui se développent dans des environnements avec une faible intensité lumineuse⁶.

- Un profil particulier est observé pour la source du Sail suggérant une insularité des espèces qui y sont présentes.
- Certaines espèces retrouvées dans les sources les plus radioactives sont également présentes dans des sources qui le sont moins ce qui suggère une grande plasticité génomique de ces espèces.

Ainsi, l'une des perspectives de ce travail est de coupler les résultats de l'analyse morphologique à ceux de l'analyse *metabarcoding* (en cours) pour déterminer l'impact de la radioactivité naturellement renforcée sur la structuration des communautés de diatomées peuplant les sources minérales.

Bibliographie

¹Millan, F. et al. The effect of natural radioactivity on diatom communities in mineral springs (2019). ²Lampe, N. et al, Understanding low radiation background biology through controlled evolution experiments (2017). ³Agata Z. Wojtal (2013), Species composition and distribution of diatom assemblages in spring waters from various geological formations in southern Poland. ⁴Lai GG. et al. Diversity, ecology and distribution of benthic diatoms in thermo-mineral springs in Auvergne (France) and Sardinia (Italy) (2019). ⁵M. Rybak. L. et al. Mofette spring – unusual environment for microbial life on the example of diatoms. Poster (2018). ⁶Cantonati et al, Freshwater benthic diatoms of Central Europe (2017).