

1. Introduction

Les microorganismes sont présents dans tous les habitats de la biosphère, y compris dans les habitats souterrains. Ces habitats souterrains sont caractérisés par l'absence de lumière, une quantité limitée voire l'absence de nutriments organiques, une température relativement constante et une grande surface de minéraux.

La bibliographie traitant des communautés microbiennes des grottes n'est pas très abondante et limitée à un petit nombre de grottes. Plus rares encore sont les travaux qui présentent une étude complète de l'ensemble des microorganismes d'une grotte, incluant l'identification des espèces les plus fréquentes et les plus abondantes, et l'étude du rôle de ces communautés dans les processus biogéochimiques. La plus part des articles sont consacrés à des aspects spécifiques comme l'existence de champignons (Rutherford et Huang, 1994), de bactéries (Schabereiter-Gurtner et al. 2002) ou de cyanobactéries et d'algues dans des grottes présentant des ouvertures exposées au soleil (Abdelahad et Bazzichelli, 1988 ; Aboal et al. 1994 ; Hernandez Marine et Canals, 1994).

De nombreux résultats publiés sont contradictoires. Quelques publications indiquent que les microorganismes chimio-autotrophes sont, dans les grottes, les producteurs primaires (Peck, 1986), d'autres publications indiquent au contraire que ces microorganismes chimio- autotrophes ont un rôle insignifiant dans l'écosystème de la grotte (Caumartin, 1963), ou encore que cinq types différents de bactéries chimio-autotrophes supportent de grandes populations de bactéries hétérotrophes et de champignons (Cunningham et al. 1995). Sarbu et al. (1996) considèrent que le carbone organique de la Grotte Mobile (Roumanie) est d'origine chimio-autotrophe (*Thiobacillus thioparus* et *Thiosphaera* sp.) à la différence du carbone organique d'autres grottes qui est constitué de matière organique d'origine végétale provenant de l'extérieur de la grotte. Langecker et al. (1996) arrivent à la même conclusion pour la Grotte des Sardinias, au Mexique, qui ne dépend pas des apports externes. Holmes et al. (2001), après avoir étudié les biofilms aquatiques de la grotte de Nullarbor, en Australie, suggèrent que les biofilms représentent des communautés chimio-autotrophes qui dépendent de l'oxydation des nitrites.

Chelius et Moore (2004) dans une étude sur la Wind Cave, aux USA, ont identifié trois types des communautés microbiennes : des communautés de surface, des communautés souterraines naturelles et des communautés souterraines liées à l'anthropisation du milieu. Ce travail n'est basé que sur l'étude des sédiments, constitués de substrats de remplissage anciens qui ont été modifiés par l'homme, mais ne prend pas en considération les murs et le plafond. Ces communautés sont similaires à celles décrites dans d'autres grottes et les scientifiques n'ont pas identifié une communauté spécifique de la Wind Cave, à l'exception d'une communauté d'*Archaea* que les auteurs considèrent spécifique des milieux souterrains. Cette communauté est similaire à une autre communauté identifiée dans la Grotte d'Altamira (Gonzalez et al. 2005). Chelius et Moore (2004) considèrent que les communautés utilisent la matière végétale décomposée, qui est transportée dans la grotte par les eaux d'infiltration. Ainsi, il a été montré que la grotte d'Altamira (Espagne) reçoit, par infiltration des eaux de surface, des apports de matières organiques et de bactéries provenant du sol agricole de surface (Saiz-Jimenez et Hermosin, 1999 ; Laiz et al. 1999).

Cet écosystème se complique encore lorsque la grotte est fortement altérée par des visites touristiques et des aménagements réalisés pour faciliter ces visites (Lefèvre, 1974). L'écosystème subit un énorme apport de matière organique qui engendre des invasions microbiennes et les communautés microbiennes autochtones de la grotte sont alors remplacées par d'autres communautés.

Cette revue bibliographique montre que les communautés microbiennes présentes dans différentes grottes sont le reflet des caractéristiques de chaque écosystème dans lequel les substrats, les niveaux de matière organique et les conditions climatiques sont différentes. En conséquence, les communautés microbiennes forment des biofilms différents selon la grotte considérée (Wimpenny et al. 2000). Il convient donc d'aborder l'étude des écosystèmes souterrains de manière globale, en prenant en considération l'ensemble des variables et non de façon fragmentaire en ne ciblant qu'un aspect particulier.

Lorsque nous avons initié ce travail, la microbiologie et l'écologie de la grotte de Lascaux étaient de « grandes inconnues » de la littérature scientifique. Les seuls travaux intéressants et facilement accessibles aux scientifiques étaient les travaux de Lefèvre (1974) qui présentent les effets de la maladie verte et ceux de Dupont et al. (2007) qui ont identifié les souches de *Fusarium solani* isolées de la grotte en 2001. Nous n'avions aucune vision globale des différents problèmes rencontrés par la grotte.

Les résultats des recherches récentes, concernant certains aspects particuliers, constituent autant de pièces d'un grand puzzle qu'il convient maintenant de reconstituer. Les résultats présentés dans ce rapport sont une première contribution à cette vision globale, mais il faut bien être conscient des limites de ce travail effectué sur une période de temps très limitée, alors que des années de recherche seront nécessaires pour proposer une analyse globale des mécanismes en jeu dans la grotte.

La connaissance des événements passés et de leurs causes doit fournir des pistes pour comprendre les interactions entre les différents paramètres de l'écosystème et permettre d'aborder la conservation de la grotte sur des bases scientifiquement établies.

Le principal objectif de ce projet était d'étudier l'écologie et les processus de succession microbienne qui se produisent dans la grotte. La grotte constitue un écosystème dynamique, les populations microbiennes évoluent avec le temps et nous avons pu constater à l'échelle de ces derniers 24 mois, que les profils microbiens sont en train de changer. Au cours des dix dernières années, nous avons assisté à l'invasion par *Fusarium solani* puis à celle des taches noires et actuellement nous observons une évolution au sein des communautés fongiques associées aux taches noires. Celles-ci ont révélé en 2007, la présence d'une nouvelle espèce de champignon, *Ochroconis lascauxensis*, apparemment originale à Lascaux, et actuellement nous constatons l'apparition de levures noires et d'autres champignons mélanisés. La cause de cette évolution complexe et de cette succession de microorganismes au sein des communautés formant les taches noires est vraisemblablement l'utilisation de biocides dont les résidus constituent une source de carbone et d'azote utilisable par beaucoup de microorganismes.