La source sulfureuse de la vallée des ponts : aspects microbiologiques

Autor(en): **Aragno, Michel**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin de la Société Neuchâteloise des Sciences Naturelles**

Band (Jahr): **115 (1992)**

PDF erstellt am: **22.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-89355

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

UNIVERSITÉ DE NEUCHÂTEL, INSTITUT DE BOTANIQUE
LABORATOIRE DE MICROBIOLOGIE

LA SOURCE SULFUREUSE DE LA VALLÉE DES PONTS ASPECTS MICROBIOLOGIQUES[1]

par

MICHEL ARAGNO

AVEC 1 FIGURE

L'existence d'une source sulfureuse au milieu de la vallée des Ponts illustre bien l'importance des activités microbiennes dans l'établissement des caractéristiques chimiques des eaux. Même si les explications qui suivent sont en partie hypothétiques, elles présentent néanmoins les mécanismes biologiques les plus plausibles à l'origine du phénomène.

La source sulfureuse de la vallée des Ponts montre une concentration assez significative en *hydrogène sulfuré* (ou acide sulfhydrique, H_2S), de l'ordre de 10 milligrammes par litre. L'odeur de ce gaz est très caractéristique, même à faible concentration. Rien d'étonnant à ce qu'elle rappelle celle des œufs pourris; les œufs sont riches en soufre, et leur décomposition amène une forte production d'H_2S!

L'atome de soufre de l'hydrogène sulfuré provient sans doute de la réduction du *sulfate,* présent en solution dans l'eau et sous forme de sels de calcium, principalement (gypse, anhydrite), dans de nombreuses roches. Cette réduction est le fait de bactéries très spécialisées, les *bactéries sulfatoréductrices*. Ces bactéries ont besoin, pour leur croissance, de certains composés (alcools et acides organiques) qui sont produits par d'autres bactéries lors de *fermentations*.

Tout comme les bactéries des fermentations, les sulfatoréductrices exigent une *absence complète d'oxygène* pour leur développement. Or, au contact de l'air, les eaux tendent à se *saturer* en oxygène. Ce n'est donc que dans certaines situations bien particulières qu'une source sulfureuse pourra apparaître. Essayons maintenant d'imaginer la cascade d'événements qui mènent à la formation d'une source sulfureuse:

1. *L'arrivée dans l'eau de sulfates et d'aliments organiques*

Les eaux se chargent en sulfates au contact de roches riches en gypse ou en autres minéraux sulfatés. Les aliments organiques proviennent en

[1] Document préparé à la demande de la commune des Ponts-de-Martel à l'occasion du 700e anniversaire de la Confédération suisse.

grande partie de la production végétale, dont la décomposition des produits engendre des substances qui parviennent dans les eaux par diffusion.

2. *La disparition de l'oxygène*

C'est la condition primordiale au développement des bactéries sulfatoréductrices et des bactéries fermentatrices qui les «nourrissent» en quelque sorte. Pour que l'oxygène disparaisse d'une eau, il faut d'une part éviter le contact avec l'air (l'oxygène de l'air se dissout dans l'eau) et avec la lumière (les algues et les plantes produisent de l'oxygène lors de la photosynthèse). Il faut en outre que l'oxygène présent soit *consommé*. Cette consommation sera réalisée par des bactéries *aérobies* (vivant en présence d'oxygène), qui vont respirer (et donc consommer l'oxygène) en présence d'aliments organiques:

$$\text{Aliments organiques} + \text{oxygène} \xrightarrow{\text{respiration}} \text{Gaz carbonique} + \text{eau.}$$

3. *Fermentations*

Une fois tout l'oxygène consommé, les conditions deviennent *anoxiques,* et des organismes *anaérobies* vont pouvoir se manifester. S'il y a encore des aliments organiques à disposition, ceux-ci vont être transformés par des voies de fermentation anaérobie, de manière à donner des acides et des alcools organiques:

$$\text{Aliments organiques} \xrightarrow{\text{fermentations}} \text{Alcools, acides.}$$

4. *Réduction des sulfates en hydrogène sulfuré*

Les conditions sont alors remplies pour que les bactéries sulfatoréductrices entrent en jeu. Celles-ci effectuent une sorte de respiration, la *respiration sulfate,* dans laquelle le sulfate remplit le rôle de l'oxygène dans la respiration aérobie:

$$\text{Alcools, acides} + \text{sulfate} \xrightarrow{\text{respiration sulfate}} \text{Gaz carbonique} + H_2S.$$

Ainsi, au cours de son parcours souterrain (fig. 1) l'eau devra successivement se charger en sulfates (il faut environ 30 mg de sulfates pour obtenir 10 mg d'hydrogène sulfuré), puis en aliments organiques en quantité suffisante, non seulement pour assurer la consommation totale de l'oxygène, mais aussi, au-delà, la production par fermentation des acides et alcools nécessaires aux bactéries sulfatoréductrices. L'oxygène disparaîtra tout d'abord, en même temps qu'une fraction des aliments organiques présents. Le reste sera utilisé ensuite par des voies de fermentation, pour donner des alcools et des acides organiques. Ceux-ci serviront à leur tour d'aliments aux bactéries sulfatoréductrices, qui réduiront les sulfates en

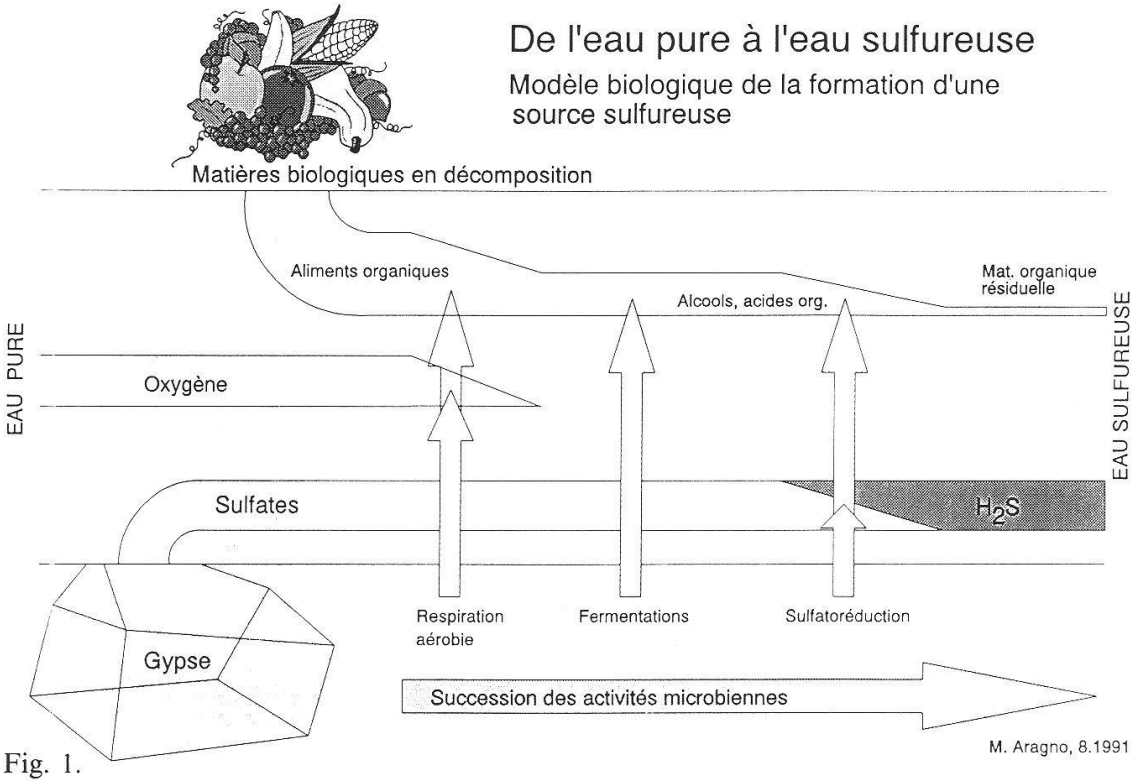

Fig. 1.

hydrogène sulfuré. L'eau sera ainsi devenue *anoxique* (dépourvue d'oxygène) et sulfureuse. Elle pourra contenir des substances organiques résiduelles, non utilisables dans ces conditions.

Une fois qu'elle atteint la surface, l'eau sulfureuse n'en a pas fini pour autant avec les activités biologiques qui peuvent s'y dérouler. En effet, en surface, deux faits nouveaux se manifestent: l'*exposition à la lumière* et l'*exposition à l'air*.

L'exposition à la lumière permet le développement de bactéries extrêmement intéressantes: les *bactéries photosynthétiques sulfureuses,* vivant en absence d'oxygène. La photosynthèse est un phénomène par lequel l'énergie lumineuse actionne une sorte de «pompe biochimique» qui permet à des électrons de remplir les différentes tâches énergétiques de la cellule. Chez les végétaux, qui sont aussi des organismes photosynthétiques, la source de ces électrons est l'eau, et ils rejettent de l'oxygène:

Gaz carbonique + H_2O + énergie lumineuse → Matière cellulaire + *o*xygène.

Chez les bactéries photosynthétiques sulfureuses, c'est l'hydrogène sulfuré, et elles rejettent du sulfate:

Gaz carbonique + H_2S + énergie lumineuse → Matière cellulaire + *s*ulfate.

Ce sont des bactéries colorées, généralement en rouge ou en vert, ce qui leur permet d'absorber les rayons lumineux.

Ces bactéries vont trouver dans l'eau sulfureuse l'hydrogène sulfuré dont elles ont besoin. Mais ce sont des bactéries anaérobies, qui ne supportent pas l'oxygène de l'air. Une fois que de l'oxygène s'est dissous dans l'eau, ces bactéries ne pourront poursuivre leur développement.

C'est alors à un autre groupe de bactéries de prendre le relais: les bactéries chimiosynthétiques sulfo-oxydantes. En présence d'air, l'oxydation des composés réduits du soufre, en particulier de l'hydrogène sulfuré, fournit de l'énergie. Certaines bactéries aérobies (c'est-à-dire capables de respirer avec l'oxygène) ont développé le moyen de récupérer une partie de cette énergie, en oxydant l'hydrogène sulfuré en sulfate:

Gaz carbonique + H_2S + oxygène → Matière cellulaire + sulfate + H_2O.

Certaines d'entre elles réalisent cette oxydation en deux temps: l'oxydation de l'hydrogène sulfuré en soufre élémentaire, qui s'accumule sous forme de granules dans les cellules de la bactérie; puis l'oxydation du soufre en sulfate, qui est éliminé sous forme dissoute dans l'eau.

Dans la source sulfureuse des Ponts, on ne peut pas observer aisément les phénomènes associés à la formation de l'eau sulfureuse. On peut penser que la tourbe fournit des quantités suffisantes d'aliments organiques pour assurer la disparition de l'oxygène, les fermentations et la réduction des sulfates. Dans l'état actuel du site, on ne peut non plus observer de bactéries photosynthétiques sulfureuses. En effet, dès sa sortie du réservoir, l'eau tombe au sol et s'oxygène immédiatement. En revanche, on observe, dans le ruisseau-exutoire, que les brindilles du fond sont recouvertes d'une sorte d'enduit grisâtre. Au microscope, cet enduit apparaît sous la forme de filaments très fins (1 millième de millimètre de diamètre environ), qui sont bourrés de granules de soufre. Ce sont des bactéries chimiosynthétiques sulfo-oxydantes appartenant au genre *Thiothrix*. Les filaments sont attachés par une extrémité à leur support. Ils sont donc adaptés à vivre dans un courant d'eau qui leur apporte en continu l'hydrogène sulfuré dont ils ont besoin.

Pour observer des bactéries photosynthétiques, il faudrait que l'exutoire de la source sulfureuse parvienne dans un étang stagnant. A ce moment-là, les eaux montreraient une stratification: celles de la profondeur deviendraient anoxiques et on pourrait y observer un développement de bactéries photosynthétiques, conférant à l'eau une couleur rose le plus souvent.

En résumé, ce sont des bactéries qui «font et défont» l'eau sulfureuse. Dans son trajet souterrain, l'eau devient anoxique, puis sulfureuse par réduction des sulfates. Dès qu'elle réapparaît à la surface, les bactéries photosynthétiques sulfureuses, puis les chimiosynthétiques sulfo-oxydantes vont réoxyder l'hydrogène sulfuré en sulfates, tandis que l'eau se recharge en oxygène au contact de l'air.

Adresse de l'auteur:
Laboratoire de microbiologie, Université de Neuchâtel, chemin de Chantemerle 22, 2007 Neuchâtel, Suisse.