

Matière organique présente dans les eaux d'un site hydrothermal actif du Pacifique-Est (13°N)

Sources hydrothermales
Matière organique
Amino-acides
Acides gras
Mégafaune

Hydrothermal vents
Organic matter
Amino-acids
Fatty acids
Megafauna

Raoul DAUMAS ^a, Patrick ALBERIC ^b, Martine BRAULT ^c, Alexis KHRIPOUNOFF ^d, Marie-Noëlle HERMIN ^a, Jean-Claude MARTY ^c, Alain SALIOT ^c.

^a Laboratoire de Microbiologie marine, Équipe de Recherche 223 du Centre National de la Recherche Scientifique, Campus de Luminy, case 907, 78, route Léon Lachamp, 13288 Marseille Cedex 9, France.

^b Laboratoire de Géologie Appliquée, Unité Associée 724, Université d'Orléans, 45046 Orléans Cédex, France.

^c Laboratoire de Physique et Chimie marines, Unité Associée 353, Université Pierre et Marie Curie, 4 Place Jussieu, 75230 Paris Cédex 05, France.

^d Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer, Centre de Brest, B.P. n° 337, 29273 Brest Cédex, France.

RÉSUMÉ

Des prélèvements d'eau ont été effectués par le submersible Cyana à l'orifice des cheminées ($T > 250^{\circ}\text{C}$) et au voisinage immédiat des massifs d'organismes vivants (alvinellinés, pogonophores, serpulidés) ; ils ont permis d'effectuer une étude de la matière organique particulaire et dissoute. Les particules récoltées présentent des teneurs en C organique et N total supérieures à celles habituellement trouvées en zone profonde ; la fraction protéique apparaît sensiblement identique à celle que l'on rencontre dans les particules des zones voisines ; par contre les teneurs en acides gras et en hydrocarbures sont plus élevées près des cheminées et des organismes (alvinellinés, pogonophores) que dans l'eau environnante ou près des serpulidés. La fraction organique dissoute a été étudiée à partir de sa composition en acides aminés libres, hydrocarbures et acides gras. Comme dans le cas du matériel particulaire, une augmentation du taux de lipides contraste avec des teneurs en substances azotées proches des valeurs moyennes observées en zone profonde. Les causes de ces variations ont été étudiées : elles font intervenir la sensibilité des techniques utilisées, l'existence de gradients de concentration en relation avec l'éloignement de la source mais également des causes liées à l'activité bactérienne et aux excréments de matière organique par les organismes. Les améliorations des conditions de prélèvement et la détermination simultanée des substances organiques et des activités bactériennes seraient susceptibles d'apporter des informations pour une meilleure connaissance de l'activité biologique dans cette zone.

Oceanol. Acta, 1988. Actes du Colloque Hydrothermalisme, Biologie et Écologie, Paris, 4-7 novembre 1985, 31-43.

ABSTRACT

Organic matter in seawater of an active hydrothermal site (East Pacific Rise, near 13°N)

Organic matter present in seawater was investigated in various samples collected in an active hydrothermal site of the East Pacific Rise (EPR) near 13°N. During three dives of the submersible Cyana, sampling was carried out at the mouth of active chimneys and near animal communities (Alvinellinae, Pogonophora and Serpulidae). The organic C and total N content of particulate material are higher than the mean concentrations of deep water; combined amino-acids do not show a comparative augmentation, but fatty acids and

hydrocarbons are higher in the vicinities of Alvinellinae and Pogonophora than in reference samples or near Serpulidae zones. In dissolved organic substances (hydrocarbons, free amino-acids, fatty acids) and particulate material, the lipid concentrations are higher than those in deep water, but amino-acid concentrations are close to those of deep water. Some possible explanations of these discrepancies may be found in the insufficient sensitivity of methods used, the large gradient of organic material in the vicinity of the vent or near the animal communities. There are also relationships between the bacterial activities and the organic material released by the organisms. It is suggested that simultaneous determination of the concentrations of organic substances and bacterial activities would favour a better understanding of biological activity in the hydrothermal region.

Oceanol. Acta, 1988. Hydrothermalism, Biology and Ecology Symposium, Paris, 4-7 November, 1985, Proceedings, 31-43.

INTRODUCTION

La découverte en 1978 de fluides chauds émis à 2600 m de profondeur dans le Pacifique oriental est à la base d'un grand nombre de travaux portant sur les fluides eux-mêmes, mais également sur les colonies d'organismes qui se rassemblent autour des cheminées (Desbruyères, Laubier, 1983). L'étude des caractéristiques physiques et chimiques des fluides ont mis en évidence des teneurs anormalement fortes en silicium et en manganèse (Von Damm *et al.*, 1983), ainsi que des taux élevés d'He³ (Welhan, Craig, 1983). La fraction organique présente dans l'eau de mer à l'état dissous ou sous forme de particules se situe à la base des mécanismes biologiques du milieu marin, mais participe aussi à la complexion des métaux-traces. Elle n'a pourtant fait l'objet que de rares études (Comita *et al.*, 1984 ; Brault *et al.*, 1984 ; 1985), et il était intéressant de compléter les connaissances acquises sur ce site par une étude de la matière organique (MO) particulière et dissoute afin de pouvoir juger de l'impact des sources chaudes sur les constituants labiles.

La présence d'une activité chimiosynthétique portant sur les composés sulfurés et d'une symbiose entre les bactéries et les invertébrés benthiques (Jannasch, 1983) a pour conséquence d'entraîner le développement de colonies d'organismes benthiques autour des cheminées actives ; cette biomasse va avoir des effets directs sur la MO particulière et dissoute de l'eau circulante en liaison avec les mécanismes d'assimilation et d'excrétion de ces organismes.

Une étude portant sur la teneur en MO, en amido-acides et en lipides présents sous forme particulière et dissoute a été entreprise dans le but de répondre à deux questions ;

- L'eau émise par les sources hydrothermales présente-t-elle une charge en MO différente de l'eau ambiante ?
- La présence de colonies d'organismes benthiques peut-elle modifier suffisamment les teneurs en MO de l'eau ambiante pour que l'on soit en mesure de déceler leurs capacités d'excrétion ou d'assimilation de MO ?

En outre, les concentrations de la MO en acides gras peuvent être utilisées comme indicateurs de biomasse (Morris, Culkin, 1976), et l'examen des distributions d'acides gras par nombre d'atomes de C et en fonction de la nature de la chaîne carbonée permet de discuter les processus bio-géochimiques se développant à l'approche des sources hydrothermales.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Localisation des prélèvements

Deux sites hydrothermaux, situés à une profondeur moyenne de 2600 m, ont été prospectés pour cette étude (campagne *Biocyarise*, mars 1984) :

- le site Actinoir (12°48'77N, 103°56'77O), décrit par Desbruyères *et al.* (1982) et Fustec (1985), est composé essentiellement d'une cheminée de plus de 15 m de hauteur d'où s'échappe une eau très chaude (T>250°C) chargée en particules noires caractéristiques des "fumeurs noirs". Sur ce site, un prélèvement d'eau sortant de la cheminée a pu être réalisé ;
- le site Parigo (12°48'57N, 103°56'71O), d'une surface totale d'environ 750 m², a été décrit par Fustec (1985). Il est caractérisé par la présence de nombreuses petites cheminées friables (1 à 2 m de haut) d'où sort une eau très chaude (T = 288°C) et incolore ; c'est la raison pour laquelle ces cheminées sont appelées "fumeurs translucides". Ce type de sortie d'eau très chaude dans laquelle n'apparaît pas de précipité n'a, à notre connaissance, jamais été décrit.

Technique de prélèvement

Les échantillons ont été prélevés par un système comportant une seringue en titane de 800 ml, manœuvrée à l'aide du bras télémanipulateur du submersible Cyana. Après positionnement du submersible sur le lieu de prélèvement, la seringue, prolongée d'une canule de 10 cm de long, est actionnée au bout du bras de Cyana par un bouton-poussoir libérant le piston. Le temps mis pour une aspiration complète est d'environ 30 secondes. Cette aspiration peut être arrêtée puis reprise à volonté en actionnant plus ou moins longtemps le bouton-poussoir. A bord du navire d'accompagnement, l'eau prélevée par les seringues est immédiatement filtrée sur membrane en fibre de verre Whatman GF/C préalablement calcinée pendant 24 h dans un four à 550°C. Les filtres sont ensuite conservés à -80°C jusqu'au laboratoire. Une partie de l'eau filtrée est conservée aussi en congélateur ; dans l'autre fraction, du chloroforme est ajouté pour faciliter l'étude des lipides dissous. La détermination des teneurs en C et N a été faite à l'aide d'un analyseur CHN Hewlett-Packard sur le

matériel particulaire retenu par des filtres de porosité voisine de 1 μm (Whatmann GF/C). Les amino-acides des particules sont évalués par chromatographie sur colonne : le matériel particulaire retenu par le filtre est introduit dans un tube en verre ; après addition de 4 ml d'HCl 5,6 N et 0,1 μmol de norleucine (témoin interne), le tube est purgé à l'aide d'un courant d'azote, soigneusement bouché et soumis à l'hydrolyse dans une étuve à 110°C pendant 20 heures. Le contenu du tube et les eaux de rinçage sont évaporés sous vide à 40°C. Le résidu est repris par 500 μl d'eau distillée et 200 μl sont utilisés pour l'analyse des amino-acides (AA) à l'aide d'un analyseur Beckman 118 BL. Les AA dissous sont dosés par HPLC après dérivatisation par le réactif OPA-MCE selon la technique de Lindroth et Mopper (1979). Les lipides des fractions dissoutes et particulaires sont extraits par un mélange méthanol-toluène (7:3). Les deux familles, hydrocarbures non aromatiques et acides gras, sont séparées par chromatographie sur micro-colonne de silice puis analysées par chromatographie en phase gazeuse sur colonne capillaire (Brault *et al.*, 1984 ; 1985 b).

RÉSULTATS

Les travaux ont porté sur deux zones d'étude :

- le fluide sortant des cheminées, plus ou moins riche en particules mais dont la température est très supérieure à l'eau ambiante et dont on connaît mal la population

bactérienne et la MO ;

- les zones proches des colonies d'organismes vivants, dont la situation par rapport aux cheminées actives et le métabolisme des organismes qui les composent sont susceptibles d'influer sur la MO particulaire et dissoute ;
- les résultats sont comparés avec ceux d'autres sites et des eaux prélevées aux mêmes profondeurs.

Le fluide hydrothermal

Les eaux du fluide émis par les cheminées présentent des teneurs en particules très élevées, notamment dans le cas du fumeur noir Actinoir (tab. 1), lorsqu'on les compare aux valeurs trouvées aux mêmes profondeurs en zone océanique ; ainsi le site hydrothermal se caractérise par une charge en particules cent fois plus forte que celles trouvées au large de la Mauritanie (Daumas *et al.*, 1979), dans une région soumise à l'upwelling côtier. La teneur en C organique des particules recueillies à l'orifice des fumeurs est inférieure à celle du matériel en suspension dans les eaux de la zone externe située à 300 m de la cheminée ; la comparaison avec le matériel récolté en Mauritanie fait apparaître des valeurs quinze fois plus fortes pour l'eau provenant des sources hydrothermales. Les échantillons prélevés par Comita *et al.* (1984) dans une zone voisine (21°N, 106°O) avaient une teneur en C organique proche de celles trouvées au cours de cette mission, mais avec des teneurs plus fortes dans l'eau émise par les cheminées que dans l'eau environnante.

Tableau 1

Teneurs en seston, carbone organique et N total des prélèvements effectués dans le Pacifique Est (13°N et 21°N) et dans des zones de profondeurs équivalentes en Atlantique tropical, en mer du Japon et en mer des Sargasses.

Seston, organic carbon and total nitrogen concentrations in samples taken in the East Pacific Rise (13°N and 21°N) and in some deep zones of the tropical Atlantic Ocean, the Japan Sea and the Sargasso Sea.

| | Profondeur (m) | T (° C) | Seston (mg l ⁻¹) | C org | | N total | |
|---------------------|-------------------|------------|---------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | | | | (mg l ⁻¹) | (mg g ⁻¹) | (mg l ⁻¹) | (mg g ⁻¹) |
| Pacifique | | | | | | | |
| . Site 13° N | | | | | | | |
| Parigo | 2600 | 288 | 98,4 | 0,54 | 5,49 | 0,097 | 0,98 |
| Actinoir | " | > 250 | 150,0 | 0,70 | 4,65 | 0,081 | 0,54 |
| Zone externe | | 1,8 | 107,0 | 0,69 | 6,40 | 0,075 | 0,71 |
| . Site 21° N ① | | 38 | | 0,16 | | 0,016 | |
| Atlantique ② | 1900 | 4,1 | 1,1 | 0,038 | 34,5 | 0,005 | 4,5 |
| Mauritanie ② | 2500 | 53,5 | 1,1 | 0,027 | 24,5 | 0,005 | |
| Mer du Japon ③ | 1000 | | | < 0,020 | | | |
| Mer des Sargasses ④ | 1000 | | | < 0,010 | | | |

① Comita *et al.* (1984)

② Daumas *et al.* (1979)

③ Handa (1970)

④ Parsons (1975)

La teneur en C organique rapportée au poids des particules présentes dans un même volume d'eau est de 4,6 et 5,5 mg de C organique/g de particule pour les sites hydrothermaux, mais une valeur plus élevée (6,4) est observée dans la zone extérieure au site. Les mesures effectuées sur les particules prélevées au voisinage immédiat du fond (5 m) au large de la Mauritanie présentent des valeurs sept fois plus fortes. Une étude similaire effectuée sur les teneurs en azote montre que les concentrations observées en Mauritanie sont de quinze à vingt fois plus faibles que dans l'eau des sites hydrothermaux du Pacifique ; par contre, les particules recueillies par filtration de l'eau des "fumeurs" présentent des teneurs en N total cinq à dix fois moins riches que les particules recueillies au large de la Mauritanie.

La relation entre la valeur du rapport C organique/N total des particules et la température de l'eau se traduit par une hyperbole, selon Comita *et al.* (1984). A la suite d'une étude portant sur le Pacifique Est, ils constatent que le rapport C/N est d'autant plus élevé que la température de l'eau est basse. Si l'on admet que la baisse du taux d'N est plus rapide que la teneur en C organique et qu'un C/N > 10 est le signe d'un matériel ayant séjourné longtemps en mer, on peut dire que les particules récoltées à 13°N sont plus récentes que celles présentes à 21°N. La relation hyperbolique mise en évidence par Comita *et al.* n'apparaît pas de façon nette pour les échantillons de la zone située à 13°N mais, dans l'ensemble, les valeurs du rapport C/N sont plus basses que celles des échantillons récoltés dans la zone située à 21°N, et voisines de celles rencontrées en zone océanique profonde (tab. 2).

| | C / N | T° C |
|----------------|-------|--------|
| Pacifique Est | | |
| . Site 13° N | | |
| Fumeur noir | 8,6 | > 250° |
| Fumeur blanc | 5,6 | 280° |
| Zone externe | 9,2 | 1,8 |
| . Site 21° N ① | | |
| Fumeur blanc | 11,9 | 38° |
| Zone externe | 24,2 | 2° |
| Mauritanie ② | | |
| Prof. 1900 m | 7,1 | 4° |
| Prof. 2500 m | 5,4 | 3° |

① Comita et al., 1984
② Dumas et al., 1979

Tableau 2

Valeur du rapport C/N du matériel particulaire prélevé près des sources hydrothermales du Pacifique Est et en Atlantique tropical. La température de l'eau au moment du prélèvement est indiquée.
C/N ratio of particulate material sampled on the Pacific hydrothermal vents and in the Atlantic Ocean. The temperature at the moment of sampling is indicated.

Il n'est pas constaté de tendances particulières dans la variation des concentrations en AA des particules entre les événements et la périphérie du système hydrothermal. Malgré les précautions prises pour maintenir les contaminations à un niveau très bas, l'échantillonnage, à partir de faibles volumes d'eau (200 ml), peut entraîner une surestimation des teneurs réelles et rendre ainsi délicates les comparaisons avec des prélèvements effectués par des systèmes de filtration de grands volumes d'eau ; on peut toutefois noter le bon accord existant entre ces mesures et celles des teneurs en azote organique particulaire des eaux hydrothermales à 21°N (Comita *et al.*, 1984). Les teneurs en AA de ces particules sont particulièrement faibles (0,6 à 3,8 $\mu\text{mol/g}$), et c'est en réalité la très forte densité des particules présentes dans les eaux des sites hydrothermaux (100 mg/l) qui rend comparable la concentration en AA particulaires de ces eaux avec celles des eaux de surface des océans.

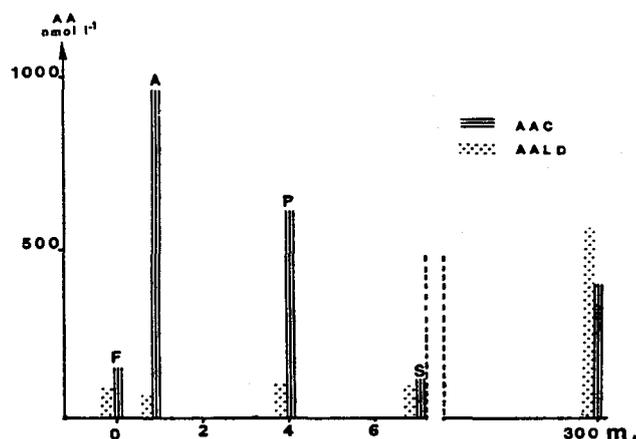


Figure 1

Composition en amino-acides des particules prélevées à l'orifice du fumeur Parigo et au-dessus des buissons d'organismes (A : fumeur ; B : alvinellidés ; C : pogonophores ; D : serpulidés). Les teneurs en amino-acides sont exprimées en nombre de molécules pour 1000.

Particulate amino-acids of material sampled at the mouth of smoker Parigo and above the colonies of megafauna (A: smoker; B: Alvinellids; C: Pogonophora; D: Serpulidae). Concentrations of amino-acids are expressed in number of molecules per 1000.

On peut être tenté de relier les quantités d'AA détectées dans les particules prélevées au niveau des fumeurs à l'existence d'une activité bactérienne dans les fluides chauds ($T > 250^\circ\text{C}$). Les compositions en AA (fig. 1) de ces particules ne sont pas différentes de celles de la matière protéique qui résulterait de l'activité bactérienne entretenue expérimentalement par Baross et Deming (1983) et Baross *et al.* (1984) dans des conditions de pression et de température reproduisant le milieu hydrothermal. La non-détection d'acide muramique ou d'acide diaminopimélique (fragments du mucopeptide de la paroi bactérienne) dans ces échantillons ne doit pas faire écarter cette hypothèse, en raison de la petitesse des quantités d'échantillons analysés et de l'absence habituelle de ces composés dans le cas des bactéries thermophiles extrêmes (Langworthy, 1979). Les teneurs en AA des particules des fumeurs, converties en termes de biomasse bactérienne (1 μmole d'AA/125 μg de carbone bactérien), correspondraient à l'ordre de grandeur des biomasses déduites du dénombrement des cellules effectuées sur des échantillons prélevés, lors de cette campagne, dans des conditions analogues (Bianchi, La Pietra, comm. pers.). A titre

indicatif, la biomasse (déduite de mesures d'ATP par Karl *et al.*, 1984), associée à des particules de fumeur noir prélevées à 21°N, aurait une valeur peu différente.

Au niveau des sédiments, l'abondance d'azote sous forme d'AA traduit la présence d'organismes vivants (Stevenson, Cheng, 1972) ou de milieux très oxygénés (Degens, Mopper, 1976) ; mais dans la plupart des cas, les AA représentent la fraction majoritaire des composés azotés avec des valeurs supérieures à 50 % ; dans le cas présent, nous constatons des teneurs en N voisines pour les trois échantillons et une fraction hydrolysable toujours très faible, notamment pour le fumeur blanc (tab. 3) ; la comparaison avec des zones océaniques profondes fait apparaître cette différence ; toutefois, Jocteur-Monrozier et Jeanson (1979) signalent des taux de 5 % dans les sédiments de Mauritanie. Il est difficile d'expliquer ces valeurs mais on peut rappeler :

| | Azote total mg l ⁻¹ | Acides aminés μ mol l ⁻¹ | N α-aminé μg l ⁻¹ | $\frac{N \alpha - \text{aminé}}{N \text{ total}} \times 100$ |
|---------------------------------------|-----------------------------------|--|---------------------------------|--|
| Fumeur Noir | 81 | 0,22 | 7,4 | 9 |
| Fumeur translucide | 97 | 0,14 | 2,7 | 2,8 |
| Zone extérieure | 75 | 0,39 | 4,2 | 5,6 |
| Océan Pacifique ① (2000 m) | - | 15,1 | - | 100 |
| Californie 1800 m ② | - | 21,9 | - | 82 |
| Californie 2000 m ② | - | 40 | - | - |
| Pacifique Est ② (côtes du Mexique) | - | 4,9 | - | - |

① Siezen, Mague (1978)

② Lee, Cronin (1984)

Tableau 3

Proportion des amino-acides dans la fraction azotée totale des particules prélevées à l'orifice des cheminées et dans la zone externe.

A titre de comparaison sont indiquées les valeurs moyennes mesurées dans le Pacifique et sur les côtes de Californie.

Percentage of amino-acids in the nitrogen fraction of particulate material sampled at the mouth of hydrothermal vents, in the external zone (300 m off the smoker Parigo) and in some oceanic regions.

- les mécanismes d'insolubilisation de substances azotées au cours de l'hydrolyse par les acides concentrés en présence de composés glucidiques (réaction de Maillard) ;
- la température élevée des eaux issues des événements, qui peut être à l'origine de la dénaturation des composés azotés résultant d'une non-détermination par les méthodes analytiques employées.

L'effet thermique du phénomène hydrothermal sur la matière organique est bien mis en évidence dans l'eau par l'analyse des hydrocarbures non-aromatiques (Brault *et al.*, 1985 b). On note pour l'eau prélevée dans le maximum du panache hydrothermal la présence des hydrocarbures hopaniques de forme 17 α (H) uniquement, et l'identification de composés intermédiaires dans la maturation thermique, en particulier des hopènes, des stérènes et des cétones divers. On note également dans le mode léger la présence de nombreux composés résolus (dont le pristane et le phytane), preuve d'une forte empreinte bactérienne.

Les distributions d'acides gras des eaux sont caractérisées par la prédominance des acides en C₁₆ et C₁₈, la présence de composés monoinsaturés C_{16:1} et C_{18:1}, et la présence en plus faible quantité d'acides à nombre impair d'atomes de carbone en C₁₅ et C₁₇ (Brault *et al.*, 1984). Il faut noter également la présence de composés de plus haut poids moléculaire dans la gamme C₂₄-C₂₈, caractéristiques d'une origine continentale végétale naturelle (Caldicott, Eglinton, 1973) ; Kolattukudy, 1976).

Les différences entre les distributions d'acides gras associés aux particules prélevées près et loin des événements portent sur une plus forte abondance des composés monoinsaturés C_{18:1} et C_{16:1} dans le premier cas, associée à des composés ramifiés *iso* et *anteiso* en C₁₅ et C₁₇ ; ces produits sont spécifiquement rencontrés dans les régions à forte activité bactérienne (Cooper, Blumer, 1968 ; Johns *et al.*, 1977 ; Volkman *et al.*, 1980 ; Saliot *et al.*, 1980 ; 1984).

Les AA dissous (AALD) représentent 10 % de la MO dissoute, mais jouent un rôle important dans le flux de MO des océans, car ils constituent la seule forme azotée organique directement assimilable par les organismes hétérotrophes ; leurs concentrations dans l'eau de surface présentent des variations notables liées aux saisons et même nyctémérales (Mopper, Lindroth, 1982). La comparaison des valeurs trouvées dans la zone des événements avec des taux d'AALD présents dans d'autres zones océaniques de profondeurs voisines (tab. 4) montre des valeurs faibles dans les eaux émises par les cheminées et plus élevées dans l'eau située dans la zone externe. On ne peut ignorer que l'utilisation de techniques différentes a une influence directe sur les concentrations trouvées, mais l'existence d'un taux plus élevé dans l'eau de surface que dans l'eau des événements constitue un argument pour un non-enrichissement des eaux émises par les cheminées.

Les relations qui lient les deux formes d'AA : particulaires et dissoutes, sont fonction notamment de l'apport en matériel particulaire et de l'activité bactérienne ; elles peuvent être formulées en établissant le rapport AA libres dissous/AA particulaires pour un même prélèvement (tab. 5). La valeur trouvée en zone profonde est plus élevée que celle fournie par une eau côtière, ceci étant en relation avec un apport plus important de particules dans ce cas ; les eaux des événements présentent des valeurs intermédiaires traduisant un équilibre entre les deux formes.

Les massifs d'organismes

Les conditions extrêmes qui règnent à l'orifice des cheminées vont créer une distribution des organismes en fonction de leur capacité d'adaptation au milieu de la richesse en nutriments des eaux environnantes. Les associations symbiotiques entre la mégafaune sessile et les bactéries chimiolithotrophes réalisent des systèmes efficaces pour fournir un apport énergétique constant à partir des composés sulfurés présents dans les eaux des événements. Ainsi trouve-t-on, au voisinage immédiat des orifices, les alvinellinés, puis les pogonophores et, à distance plus grande, les serpulidés. Selon Hessler et Smithy (1983), qui ont étudié la répartition des organismes en fonction de la température, il semble que

l'adaptation obéisse à des valeurs relativement strictes :

Alvinellinés : 20 - 25°C
 Pogonophores : 10 - 12°C
 Serpulidés : 2 - 3°C

Tableau 4

Concentration en amino-acides libres dissous de l'eau de mer prélevée en zone profonde dans différentes régions de l'Océan Pacifique, de l'Océan Atlantique et de la Méditerranée.

Concentrations of dissolved free amino-acids in deep seawater of the Pacific Ocean, Atlantic Ocean and Mediterranean Sea.

| | Acides aminés libres dissous (nmol. l ⁻¹) |
|----------------------------|--|
| Océan Pacifique | |
| Zone du large | 87 |
| Profondeur : 2000 m (1) | |
| Océan Atlantique : | |
| Golfe de Gascogne | 732 |
| Profondeur : 1000 m (2) | |
| Méditerranée : | |
| Zone Nord-Ouest | 384 |
| Profondeur : 1600 m (2) | |
| Ride Est-Pacifique (13° N) | |
| - Fumeur noir | 158 |
| - Fumeur translucide | 92 |
| - Zone externe | 569 |
| - Eau de surface | 193 |

(1) Rittenberg et al. (1983)

(2) Daumas (1971)

Tableau 5

Rapport des amino-acides libres dissous et des amino-acides particuliers d'un même échantillon d'eau.

Ratio of dissolved free amino-acids (AALD) to particulate amino-acids (AAP) in the same sample.

| | AALD / AAP |
|---------------------|------------|
| Océan Pacifique | |
| Zone du large (1) | 1,70 |
| Profondeur : 2000 m | |
| Océan Atlantique | |
| Zone côtière (2) | 0,30 |
| Eau de surface | |
| Fumeur noir | 0,71 |
| Fumeur translucide | 0,66 |

(1) Rittenberg et al. (1963)

(2) Siegel, Degens (1966)

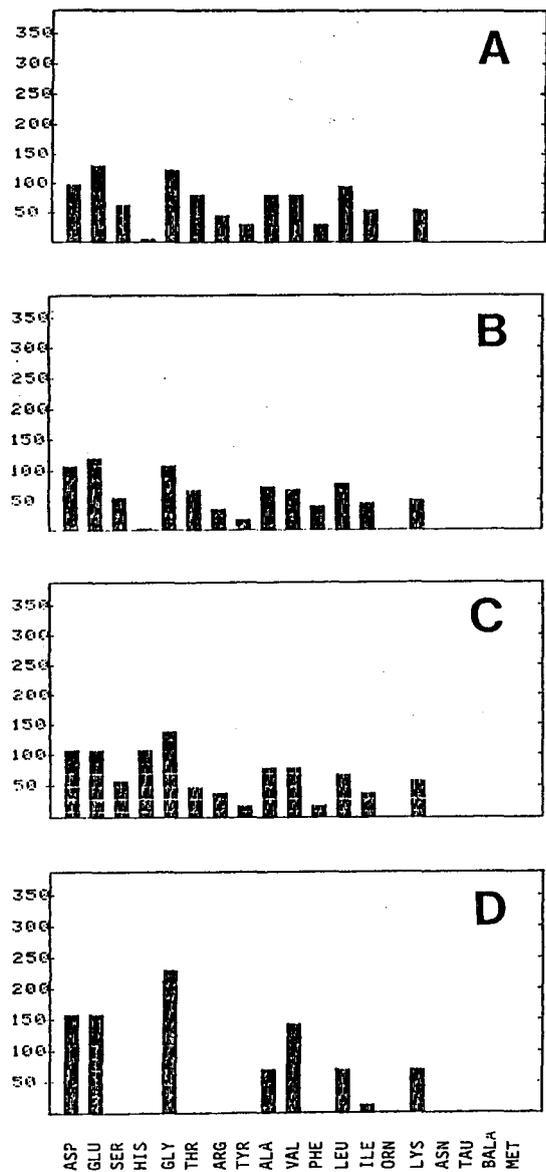


Figure 2

Concentrations en amino-acides combinés (AAC) et en amino-acides libres dissous (AALD) des prélèvements effectués à l'orifice de la cheminée du fumeur Parigo (F) et au-dessus des buissons d'alvinellinés (A), de pogonophores (P), et de serpulidés (S). Un échantillon d'eau prélevée à 300 m de la cheminée fournit les valeurs correspondant à une zone non influencée par les sources hydrothermales.

Concentrations of combined amino-acids (AAC) and dissolved free amino-acids (AALD) in seawater sampled at the mouth of smoker Parigo (F) and above the benthic colonies of Alvinellids (A), Pogonophora (P) and Serpulidae (S). A sample was taken from an external station situated 300 m from the smoker.

L'étude des particules prélevées au voisinage immédiat des alvinellinés montre une teneur en seston proche de la colonne d'eau émise par le fumeur et une MO dont la composition est comparable au matériel vivant (tab. 6). L'importance des acides glutamique et aspartique ainsi que de la leucine (fig. 2) apparente cette MO à celle des particules prélevées en zone photique. Le contenu de la partie terminale du tube digestif d'*Alvinella pompejana* présente une composition en AA analogue à celle des particules prélevées près des colonies de ces organismes (Albéric, comm. pers.) ; cette analogie ne s'étend pas à la composition en AA des autres parties du corps ni aux fractions antérieures du tube digestif ; ces observations

Tableau 6

Teneurs en seston, carbone organique, N total et rapport C/N des eaux prélevées à l'orifice du fumeur Parigo et au voisinage immédiat des massifs d'organismes (10 cm au-dessus). Les valeurs moyennes des eaux proches du sédiment dans l'Océan Atlantique et dans l'Océan Indien sont indiquées à titre de comparaison.

Seston, organic carbon, total nitrogen, C/N, fatty acid and n-alkans contents of water sampled at the mouth of the smoker Parigo and near benthic colonies (5-10 cm above); average concentrations of these organic substances in water near the ocean floor are indicated for the Atlantic and Indian Oceans.

| | Seston (mg / l) | Carbone organique (mg / l) | N total (mg / l) | C / N |
|---|--------------------|-------------------------------|---------------------|----------|
| Fumeur Parigo | 98, 4 | 0,54 | 0,097 | 5,5 |
| Eau prélevée au-dessus des | | | | |
| alvinellinés | 90 | 1,4 | 0,32 | 4,4 |
| pogonophores | 90 | 0,8 | 0,097 | 8,2 |
| serpulidés | - | 0,7 | 0,075 | 7,2 |
| Océan Atlantique (Mauritanie)① | 1,0-1,7 | 0,024-0,048 | 0,004-0,007 | 3,7-6,7 |
| Océan Indien② | - | 0,033-0,061 | 0,003-0,005 | 8,9-15,6 |
| Océan Atlantique (zone équatoriale)③ | 1,1-3,1 | 0,037-0,089 | 0,006-0,011 | 4,9-15,7 |

① Daumas *et al.* (1979)

② Daumas *et al.* (1981)

③ Daumas *et al.* (1978)

mettent en évidence l'importance du rôle des pelotes fécales dans la MO particulaire en suspension dans les eaux baignant les Alvinellinae.

Les concentrations en *n*-alcanes particuliers dans l'eau augmentent à mesure que l'on s'approche de la source hydrothermale (Brault *et al.* 1985 a) ; ceci a déjà été constaté par Comita *et al.* (1984) par 21°N sur la même dorsale. La concentration en *n*-alcanes particuliers de l'eau baignant *Alvinella* est environ quarante fois supérieure à celle de l'eau de mer de référence (il faut indiquer toutefois que cet échantillon a été prélevé en zone profonde, mais à une distance suffisamment grande du fond pour ne pas être influencé par la remise en suspension du sédiment). De même, on constate un enrichissement en *n*-alcanes dissous des eaux baignant *Alvinella* par rapport à l'eau de référence. La distribution des *n*-alcanes dissous se caractérise par deux modes : le premier, de *n*-C₁₆ à *n*-C₂₀, accompagné de pristane et de phytane, indique une composante provenant de microorganismes autochtones dégradés. Le deuxième, de *n*-C₂₀ à *n*-C₃₈, résulte probablement de la dégradation bactérienne de débris organiques autochtones ; par contre on possède peu de renseignements sur le contenu en lipides des organismes vivant à l'approche des sources hydrothermales ; les analyses effectuées ont cependant montré qu'*Alvinella* contient très peu d'hydrocarbures, mais par contre de nombreux acides gras (Brault, 1984). En ce qui concerne les acides gras, les concentrations trouvées dans les eaux baignant les Alvinellinae sont plus élevées que dans l'eau de mer de référence, aussi bien pour les acides particuliers que pour les acides dissous.

L'absence d'orifices chez les pogonophores ainsi que les hypothèses émises sur l'importance de l'assimilation de composés organiques dissous par voie transcutanée chez ces organismes (Southward *et al.*, 1979), doivent avoir un retentissement direct sur la MO présente dans l'eau. Dans ce cas l'influence des organismes sur le milieu apparaît plus faible que dans le cas précédent, ce qui laisserait penser que les pogonophores excrètent moins de MO que les alvinellinés ; en outre, la valeur plus élevée du rapport C/N fait apparaître un déficit en azote par rapport à la MO rencontrée au voisinage des alvinellinés (tab. 2) ; cette valeur est proche de celle rencontrée dans la zone externe. La composition en AA des branchies et du trophosome est nettement différente de celle des particules prélevées au-dessus des organismes (Albéric, 1986), ce qui conduit à rechercher une autre source de particules riches en MO provenant peut-être de la faune vivant entre les tubes des pogonophores ou des tubes eux-mêmes. On retrouve un net enrichissement des taux d'acides gras et de *n*-alcanes dans les eaux baignant les amas de pogonophores géants *Riftia pachyptila* (Jones, 1981) par rapport à l'eau de référence : 23 fois pour les *n*-alcanes particuliers et 23 fois également pour les *n*-alcanes dissous. Bien que la biomasse de la zone à pogonophores soit la plus élevée — on peut l'estimer entre 10 et 15 kg/m² pour la seule espèce *Riftia* (Somero *et al.*, 1984) — la teneur de l'eau en acides gras totaux dissous et particuliers présente des facteurs d'enrichissement par rapport à l'eau de mer de référence, respectivement de 4,1 et 2,2. L'activité bactérienne est confirmée par l'abondance de composés

ramifiés à 15 et 17 atomes de C et par la légère prédominance du $n\text{-C}_{17}$ dans le motif de $n\text{-alcanes}$ se développant de $n\text{-C}_{16}$ à $n\text{-C}_{31}$; elle est cependant plus faible qu'au-dessus d'*Alvinella pompejana*.

La présence d'une population bactérienne abondante tapissant les parois des tubes dans lesquels vivent les alvinellinés (Desbruyères, Laubier, 1983) doit être rapprochée de l'existence de longs tubules dorsaux chez *Alvinella pompejana* lorsqu'on envisage l'utilisation de molécules organiques dissoutes par la mégafaune ; le regroupement des pogonophores en buissons peut également avoir une influence directe sur les substances dissoutes dans l'eau lorsqu'on connaît leur capacité d'absorption transcutanée ; par ailleurs, ces organismes vont excréter dans le milieu, les produits de déchets (NH_4 et urée), mais également des molécules organiques issues de l'activité métabolique des associations symbiotiques qui constituent ces colonies d'organismes. Les deux phénomènes : assimilation et excrétion, sont susceptibles de se produire simultanément, ce qui va rendre délicate toute interprétation des concentrations en AALD observées dans l'eau environnante. Notre effort a porté sur l'étude des changements subis par les AALD au voisinage des colonies d'organismes ; ainsi les teneurs en AALD des eaux proches des colonies d'alvinellinés sont-elles sensiblement plus faibles que celles trouvées dans le fluide émis par le fumeur (fig. 1) ; le taux d'AALD passant de 11 $\mu\text{g/l}$ à 7,8 $\mu\text{g/l}$ lorsqu'on s'écarte de l'orifice. Parmi les modifications du spectre des AALD, il faut citer une élévation sensible de la teneur en leucine et une baisse des taux de sérine et d'ornithine (fig. 3) ; ceci est à rapprocher de la composition des particules trouvées au voisinage des alvinellinés et du matériel contenu dans la portion terminale du tube digestif de ces organismes, tous deux montrant des teneurs relativement élevées en leucine. On peut penser que les bactéries contenues dans les pelotes fécales sont à l'origine de la libération de la leucine contenue dans la MO particulière par hydrolyse enzymatique. En raison de leur optimum thermique situé plus bas que les alvinellinés, les pogonophores se rencontrent généralement au-delà des colonies d'*Alvinella pompejana*. La biomasse importante qu'ils représentent, l'absorption transcutanée des molécules dissoutes et la présence de bactéries chemolithotrophes symbiotiques dans le trophosome (Desbruyères, Laubier, 1983) sont à relier à la baisse de la teneur en leucine, celle-ci retrouvant une concentration sensiblement identique à l'eau du fumeur, en même temps que l'on observe une élévation des taux de sérine et d'ornithine. La présence de polychètes tubicoles du groupe des Serpulidae a été observée à une distance moyenne de 10 m de l'orifice de la cheminée et dans de l'eau dont la température est proche de l'eau de fond. La biomasse, très inférieure à celle fournie par les groupes précédemment mentionnés, n'entraîne pas de modification importante du spectre lorsqu'on le compare à celui de la zone habitée par les pogonophores, mais avec une baisse sensible des concentrations en isoleucine et ornithine par comparaison avec l'eau émise par le fumeur.

DISCUSSION

L'émission d'un fluide hydrothermal sous une pression supérieure à 200 kg/cm^2 et à une température pouvant

atteindre 300°C réalise un milieu où la MO, si elle est présente, doit subir des modifications sensibles qui peuvent être irréversibles et jouer le rôle de marqueur vis-à-

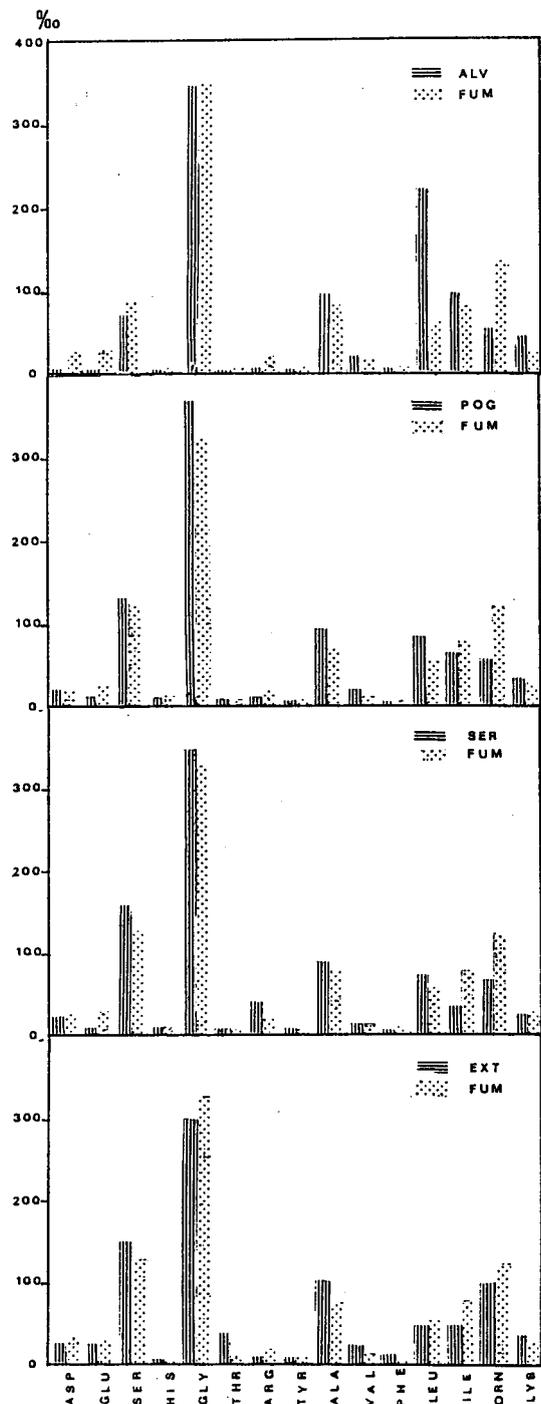
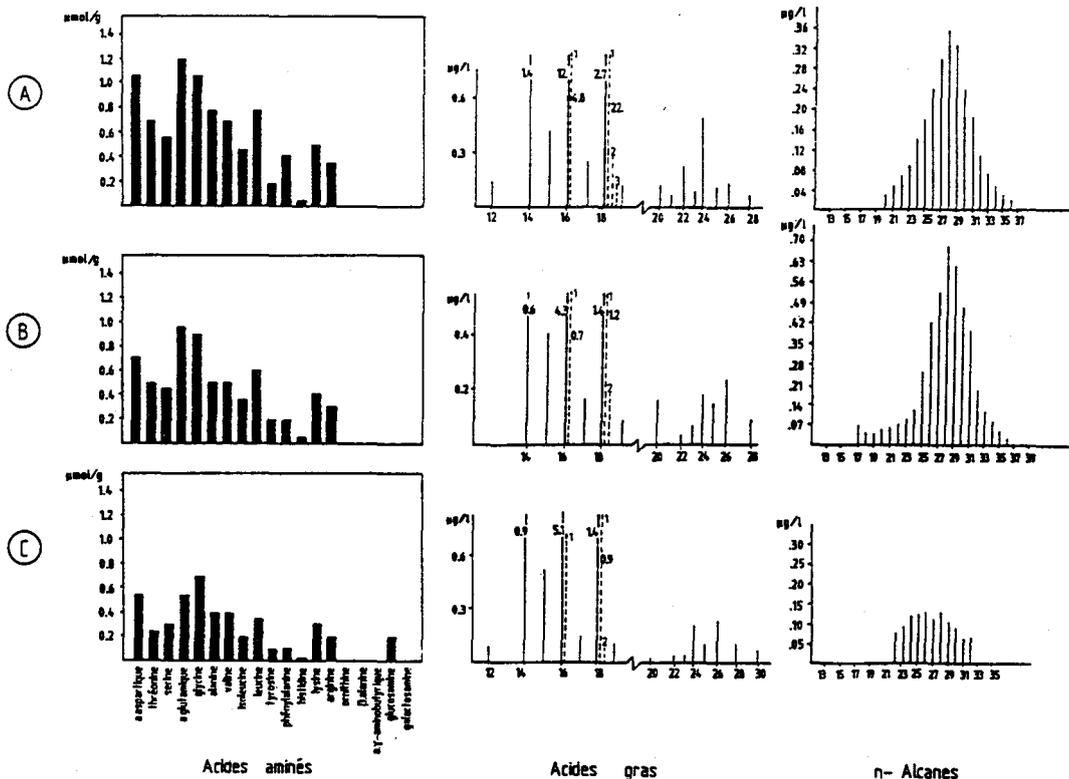


Figure 3
Comparaison entre les amino-acides libres dissous contenus dans les eaux prélevées à l'orifice du fumeur Parigò (FUM) et les amino-acides contenus dans les eaux prélevées au-dessus des massifs d'alvinellinés (ALV), de pogonophores (POG), de serpulidés (SER) et dans l'eau située à 300 m de l'orifice (EXT). Les valeurs sont données en molécules d'amino-acides pour 1000.

Comparison between dissolved free amino-acids sampled at the mouth of the smoker (FUM) and dissolved free amino-acid content of samples taken above the colonies of Alvinellids (ALV), Pogonophora (POG), Serpulidae (SER) and in the external zone (EXT). Concentrations of amino-acids are expressed in number of molecules per 1000.

Figure 4
 Comparaison des teneurs en AA, acides gras et n-alcanes des particules prélevées au-dessus des alvinellinés (A) ; d'une colonie d'*Alvinella* située sur la cheminée d'un fumeur translucide (B) (les particules ont été prélevées lors de l'effondrement de la cheminée) ; d'une colonie de *Riftia pachyptila* (C).
 Comparison of AA, fatty acid and n-alkan concentrations of particulate matter sampled above the colonies of Alvinellids (A) ; colony of *Alvinella* on a "translucent smoker" chimney broken just before sampling (B) ; colony of *Riftia pachyptila* (C).



vis de l'eau du fond. Les prélèvements effectués à l'orifice des cheminées ont mis en évidence une charge en particules très supérieure à celle rencontrée dans les zones profondes des océans, et constituée presque essentiellement de matière minérale. La fraction organique, marquée par un C/N compris entre 5,6 et 8,6, présente un déséquilibre dans la composition de la fraction azotée avec la nette prédominance des substances non-protéiques. L'uniformité des compositions et des teneurs en AA des particules récoltées à l'extérieur du système hydrothermal et au niveau des événements, rend possible l'appartenance de ces AA à la MO particulaire inerte disséminée de manière plus ou moins uniforme dans l'eau de mer au niveau des sites et prélevée en même temps que les particules minérales émises par les fumeurs. La présence de cette MO, étrangère aux fluides hydrothermaux, peut résulter d'une imperfection des systèmes de prélèvement ou bien d'infiltrations d'eau de mer mélangée aux fluides avant leur émission. Les proportions de fluide hydrothermal primaire mélangé à l'eau de mer, que l'on peut déduire des concentrations en éléments dissous (Michard et al., 1984), seraient de 60 % dans le cas du fumeur noir et de 20 % dans le cas du fumeur translucide (Grimaud, comm. pers.). Si la présence de MO dans le fluide hydrothermal résulte d'infiltrations d'eau de mer, un temps de séjour de quelques heures de la MO semble être une limite maximale, compte tenu des vitesses d'hydrolyse et de décomposition des composés peptidiques à 250°C (Vallentyne, 1964 ; White, 1984). L'intensité de la racémisation des AA devrait fournir une indication concernant ce temps de séjour à haute température (Hare, 1969 ; Schroeder, Bada, 1976). L'absence de l'alloisoleucine parmi les AA détectés ne permet pas d'envisager qu'il soit important.

Les particules prélevées à proximité des organismes vivants ont des concentrations en AA comprises entre 0,6 et 8,9 $\mu\text{mol/g}$. La comparaison des spectres des AA contenus dans la fraction azotée des particules peut apporter des informations sur leur origine ou leur

vieillesse ; dans le cas présent, une identité de composition est à noter pour le matériel récolté dans le panache du fumeur blanc et celui prélevé au voisinage des massifs d'alvinellinés ; les particules recueillies près des pogonophores présentent quelques variations par rapport aux valeurs précédentes portant sur une élévation significative des taux de GLY et HIS et une baisse de PHE. Une modification profonde du spectre apparaît lorsqu'on examine les particules recueillies au-dessus des serpulidés, avec une augmentation de ASP, GLU, GLY, VAL et une baisse notable de THR, SER, ILE, TYR, PHE, ARG. Des prélèvements effectués dans les buissons d'organismes (et non pas au-dessus comme précédemment) renferment des concentrations en AA dix fois plus élevées que dans l'eau prélevée immédiatement au-dessus des buissons d'organismes, tout en conservant une composition identique.

En résumé, il faut noter que les particules en suspension à proximité des organismes étudiés possèdent une composition originale en AA qui est particulière à chacun et qui diffère de celles des particules prélevées au niveau des événements ou à l'extérieur des sites hydrothermaux. La fraction lipidique de la MO particulaire en suspension dans les eaux situées à 21°N (Comita et al., 1984) porte davantage la marque du zooplancton et des grands vers installés autour des événements que celle d'une activité bactérienne ; d'autres classes de composés lipidiques semblent cependant être davantage marquées par la présence de l'activité bactérienne (Brault, 1984).

D'une manière générale, la MO en suspension à proximité des organismes (fig. 4 ; pogonophores, alvinellinés) est certainement constituée d'un mélange de particules provenant, suivant les cas : des biomasses bactériennes associées aux grosses particules qui ont tendance à (re)sédimer rapidement (Karl et al., 1980) ; du feutrage bactérien qui recouvre la plupart des substrats disponibles (Jannasch, Wirsén, 1981) et l'intérieur des tubes occupés

par *Alvinella pompejana* (Desbruyères, Laubier, 1983) ; de la faune présente sur les tubes des vers et dans les sédiments métallifères déposés autour des événements ; des vers eux-mêmes. Cet ensemble varié acquiert cependant, d'un massif à l'autre, une identité suffisante pour être reconnaissable par sa composition en AA.

Les gradients de concentration des AALD et des AA combinés établis à partir de l'orifice de la cheminée, fourniront une image des interactions qui existent entre l'eau émise par les sources hydrothermales, l'eau ambiante et les colonies d'organismes inféodés à ce microcosme.

Les AA combinés, qui constituent l'essentiel de la fraction protéique de la MO particulaire, ne sont que faiblement représentés dans l'eau issue de la cheminée ; ils subissent une augmentation au passage sur les massifs d'alvinellinés et celle-ci s'estompe progressivement au fur-et-à-mesure que l'on s'éloigne, ce qui semble indiquer que ni les pogonophores, ni les serpulidés ne participent à l'émission de MO particulaire. Les AALD ne présentent pas de fluctuations significatives entre la sortie de la cheminée et les colonies de serpulidés situés à une dizaine de mètres ; mais, lorsqu'on pousse la comparaison avec des échantillons prélevés à 300 m de la cheminée, on constate une augmentation nette des concentrations en AA combinés et en AALD. Si l'on considère que cette distance est suffisante pour obtenir des échantillons d'une eau de fond peu influencée par les sources hydrothermales, alors il faut admettre que la baisse constatée au niveau des organismes est liée à une utilisation intensive de ces formes azotées, qui a pour effet d'entraîner une baisse des concentrations. Une comparaison des taux d'acides gras, d'hydrocarbures et des AA présents dans les particules ou à l'état dissous dans l'eau proche des organismes fait apparaître une certaine homogénéité dans les modifications subies par le matériel organique au voisinage des organismes benthiques (tab. 7). L'étude de la composition en AA du matériel particulaire fait apparaître la

Tableau 7

Comparaison des teneurs en acides gras, *n*-alcanes et amino-acides des eaux prélevées au-dessus des organismes benthiques. Les prélèvements ont été effectués à 5-10 cm au-dessus des buissons d'organismes sauf dans le cas des amino-acides dissous proches des pogonophores (*) où le prélèvement a été effectué dans le buisson. Les concentrations sont données en µg/l.

Comparison between particulate and dissolved fatty acids, *n*-alkanes and amino-acids of water collected above the benthic colonies. Concentrations are in µg/l.

| | | Eau proche des organismes (µg l ⁻¹) | | |
|-------------------|--------------|---|--------------|------------|
| | | Alvinellinés | Pogonophores | Serpulidés |
| Acides gras | dissous | 13,2 | 4,5 | 2,4 |
| | particulaire | 46,7 | 11,5 | 2,9 |
| <i>n</i> -alcanes | dissous | 1,8 | 2,3 | 0,7 |
| | particulaire | 2,5 | 1,4 | 0,5 |
| Amino-acides | dissous | 7,8 | 13,4* | 9,9 |
| | particulaire | 117,6 | 74,4 | 7,2 |

* Prélèvement effectué dans le buisson de pogonophores.
Seawater was sampled into the Pogonophora thicket.

prééminence des AA dicarboxyliques (aspartique et glutamique) ainsi que de la glycine et la sérine. Les AALD présentent une composition différente avec un motif composé de glycine, ornithine, sérine et alanine qui totalisent de 65 à 71 % des AALD. La différence essentielle entre ces deux groupes réside dans l'importance des AA dicarboxyliques dans la MO particulaire, alors qu'ils sont peu représentés dans la fraction dissoute ; il faut attribuer cette différence à la disparition rapide des AA dicarboxyliques dissous, soit par action des bactéries, soit par adsorption sur les particules (Daumas *et al.*, 1986). Les différences de composition portent également sur la présence d'ornithine dissoute dont l'origine peut être recherchée dans l'hydrolyse de l'arginine par l'arginase bactérienne, liée à une faible utilisation de l'ornithine par les bactéries ; les deux mécanismes favorisant l'accumulation de cet AA dans l'eau de mer (Crawford *et al.*, 1974). Mais selon Mopper et Lindroth (1982), l'ornithine serait rapidement recyclée dans les eaux de surface, et on la trouve rarement dans le pool des AA intracellulaires des organismes zooplanctoniques. Sous réserve que des *n*-alcanes ne soient pas produits par d'autres organismes, les fortes teneurs rencontrées dans les eaux baignant *Alvinella* suggèrent que la matière organique particulaire s'accumule au voisinage des sources. Comme nous l'avons souligné auparavant à propos des acides gras collectés près des événements, cette accumulation se produirait dans une cellule convective créée par l'advection continue d'eau provenant de la décharge des fluides hydrothermaux chauds dans l'eau de mer (Enright *et al.*, 1981) et associée à des processus tels que pluie de particules issues des événements hydrothermaux, bioaccumulation par les communautés animales et remise en suspension de débris biologiques sédimentés (Brault *et al.*, 1984). La différence de distribution des *n*-alcanes entre l'eau de référence et l'eau baignant *Alvinella* suggère également l'existence de combinaisons variables entre les activités physiologiques des organismes ou des circulations préférentielles de matière au sein de la cellule convective. Les alvinellinés, s'ils ne biosynthétisent pas les *n*-alcanes, peuvent utiliser la matière organique et introduisent de ce fait des modifications de répartition entre le matériel dissous et les particules en suspension. Dans les eaux baignant *Alvinella*, on identifie bien une forte empreinte microbiologique, mise en évidence par l'abondance d'alcanes entre le *n*-C₁₆ et le *n*-C₂₃, et la présence concomitante de pristane et de phytane. Ces critères chimiques ont bien été étayés et correspondent à la présence de microorganismes autochtones non dégradés (Simoneit, 1982), alors que des distributions de *n*-alcanes plus serrées, du *n*-C₂₀ au *n*-C₂₃, où le *n*-C₂₁ prédomine, peuvent résulter de la dégradation de débris autochtones végétaux par des microorganismes (Simoneit, Philp, 1982).

L'activité bactérienne est confirmée par l'abondance des acides gras ramifiés à 15 et 17 atomes de carbone dans les fractions dissoute et particulaire. Rappelons que ces composés sont issus des cellules bactériennes (Perry *et al.*, 1978 ; Volkman *et al.*, 1980). Les concentrations absolues de ces acides gras ramifiés dissous et particulaires sont nettement plus élevées au-dessus des colonies d'alvinellinés que partout ailleurs (tab. 8). Ceci peut

Tableau 8

Concentrations en *n*-alcanes et en acides gras particuliers et dissous des eaux baignant les alvinellinés, les pogonophores et de l'eau profonde.

Concentrations ($\mu\text{g/l}$) of particulate and dissolved fatty acids and *n*-alkanes above the Alvinellids and Pogonophora colonies and in deep seawater.

| | Eau baignant les alvinellinés | Eau baignant les pogonophores | Eau de fond |
|---|-------------------------------------|-------------------------------------|----------------|
| <i>n</i> -alcanes particuliers ($\mu\text{g l}^{-1}$) | 2,50 | 1,40 | 0,06 |
| <i>n</i> -alcanes dissous ($\mu\text{g l}^{-1}$) | 1,80 | 2,30 | 0,10 |
| acides gras particulaires ($\mu\text{g l}^{-1}$) | 46,70 | 11, 50 | 2,80 |
| acides gras dissous ($\mu\text{g l}^{-1}$) | 13,20 | 4,50 | 2,00 |
| acides gras ramifiés <i>iso</i> et <i>anteiso</i> C ₁₅ et C ₁₇ particuliers ($\mu\text{g l}^{-1}$) | 0,83 | 0,58 | 0,06 |
| acides gras ramifiés <i>iso</i> et <i>anteiso</i> C ₁₅ et C ₁₇ dissous ($\mu\text{g l}^{-1}$) | 0,40 | 0,15 | 0,03 |

s'expliquer à la fois par la présence de bactéries épibiotiques des alvinellinés et des parois de leur tube, et de bactéries libres. En effet, chez *Alvinella*, les bactéries vivent en épibiose sur la partie dorsale du ver. Ces bactéries forment des filaments de 5 à 40 cm de longueur. Les vers

RÉFÉRENCES

- Albéric P., 1986. Composition en acides aminés des particules en suspension autour des événements hydrothermaux (dorsale Est-Pacifique, 13°N), *Oceanol. Acta*, 9, 1, 73-79.
- Baross J.A., Deming J.W., 1983. Growth of "black smoker" bacteria at temperatures of at least 250°C, *Nature*, 303, 423-426.
- Baross J.A., Deming J.W., Becker R.R., 1984. Evidence for microbial growth in high-pressure, high-temperature environments, in: *Current perspectives in microbial ecology*, edited by M.J. Klug and C.A. Reddy, American Society for Microbiology, Washington, USA, 186-195.
- Brault M., 1984. Biogéochimie de la matière organique dans les environnements hydrothermaux le long de la dorsale Est-Pacifique, à 13°N, *Thèse 3e cycle, Univ. Pierre et Marie Curie, Paris*, 168 p.
- Brault M., Marty J.-C., Salliot A., 1984. Fatty acids from particulate matter and sediment in hydrothermal environments from the East Pacific Rise, near 13°N, *Org. Geochem.*, 6, 217-222.
- Brault M., Marty J.-C., Salliot A., Laubier L., 1985 a. Traceurs biogéochimiques (hydrocarbures et acides gras) dans l'eau de mer environnant un peuplement hydrothermal de la ride Est Pacifique, à 13°N, *C.R. Acad. Sci., Sér. III*, 301, 1-8.
- Brault M., Simonet B.R.T., Marty J.-C., Salliot A., 1985 b. Les hydrocarbures dans le système hydrothermal de la ride Est-Pacifique, à 13°N, *C.R. Acad. Sci., Sér. II*, 301, 807-812.

construisent des tubes sur les cheminées. Ces tubes sont également tapissés intérieurement par des bactéries qui synthétisent des composés organiques enrichissant ainsi le fluide du tube. L'empreinte de ces microorganismes est donc surtout importante dans la fraction particulaire des eaux environnant les alvinellinés.

CONCLUSION

La présence de faibles quantités d'AA dans les particules ou sous forme dissoute dans l'eau des sources hydrothermales ne peut être invoquée à l'appui de l'existence d'une activité biologique dans les eaux les plus chaudes ; toutefois des acides gras en C15 et C17, considérés comme des "marqueurs biochimiques" des bactéries ont été observés dans l'eau et les sédiments prélevés au voisinage des cheminées ; la présence d'une forte biomasse fixée sur les particules a été mise en évidence (Karl *et al.*, 1984). Ces faits contradictoires peuvent être liés aux difficultés inhérentes au prélèvement de l'échantillon et à l'existence d'un très fort gradient de dilution existant à l'orifice même de la cheminée ; toute dilution par de l'eau ambiante va avoir pour conséquence une modification sensible de la teneur en MO. L'objectif prioritaire des programmes futurs doit résider dans l'obtention de prélèvements ponctuels dont la localisation par rapport à l'orifice soit déterminée avec une grande précision, et dont le système de prélèvement soit adapté aux conditions très particulières de l'endroit.

Remerciements

Cette étude a bénéficié du soutien financier de l'Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER ; contrats N° 82/6964 ; 83/7269 ; 84/7576 ; 84/7606).

- Caldicott A.B., Eglinton G., 1973. Surface waxes, in: *Phytochemistry; inorganic elements and special groups of chemicals*, edited by L.P. Mille, Van Nostrand-Reinhold, New York, 162-194.
- Comita P.B., Gagosian R.B., Williams P.M., 1984. Suspended particulate organic material from hydrothermal vent waters at 21°N, *Nature*, 307, 450-453.
- Cooper W.J., Blumer M., 1968. Linear, *iso* and *anteiso* fatty acids in recent sediments of the North Atlantic, *Deep-Sea Res.*, 15, 535-540.
- Crawford C.C., Hobbie J.E., Webb K.L., 1974. The utilization of dissolved free amino-acids by estuarine microorganisms, *Ecology*, 55, 551-563.
- Daumas R., 1971. Les acides aminés du plancton et de l'eau de mer. Leur rôle dans la formation des complexes organiques dissous, *Thèse Doct. État, Univ. Aix-Marseille, France*, 327 p.
- Daumas R., Laborde P., Paul R., Romano J.-C., Sautriot D., 1978. Les mécanismes de transformation de la matière organique en Atlantique intertropical. Étude de la minéralisation et de la diagenèse dans les sédiments superficiels, in: *Géochimie organique des sédiments marins profonds, Orgon II: Atlantique-Nord Est-Brésil*, édité par A. Combaz et R. Pelet, Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, 43-86.

- Daumas R., Laborde P., Romano J.-C., Sautriot D., 1979. Distribution et évolution des constituants biochimiques de la matière organique dans les sédiments. Relations avec la composition des eaux interstitielles, in: *Géochimie organique des sédiments marins profonds, Orgon III: Mauritanie, Sénégal, Iles du Cap-Vert*, édité par M. Arnould et R. Pelet, CNRS, Paris, 67-92.
- Daumas R., Laborde P., Romano J.-C., Sautriot D., 1981. Hydrologie et particules en suspension en mer d'Arabie, in: *Géochimie organique des sédiments marins profonds, Orgon IV: Golfe d'Aden, mer d'Oman*, CNRS, Paris, 71-94.
- Daumas R., Hermin M.N., Drogue N., 1986. Dissimulation non-biologique de traceurs organiques par les sédiments marins, *1er Colloque franco-japonais d'Océanographie, Marseille, 16-21 septembre 1985*, édité par H.J. Ceccaldi et G. Champalbert, Société franco-japonaise d'Océanographie, Paris, 85, 4, 73-80.
- Degens E.T., Mopper K., 1976. Factors controlling the distribution and early diagenesis of organic material in marine sediments, in: *Chemical Oceanography*, edited by J.P. Riley and R. Chester, Academic Press, 6, 59-113.
- Desbryères D., Laubier L., 1983. Primary consumers from hydrothermal vent communities, in: *Hydrothermal Processes at Seafloor Spreading Centers*, edited by P.A. Rona, K. Boström, L. Laubier and K.L. Smith Jr., Plenum Press, New York, USA, 711-734.
- Desbryères D., Crassous P., Grassle J., Khripounoff A., Reyss D., Rio M., Van-Praët M., 1982. Données écologiques sur un nouveau site d'hydrothermalisme actif de la Ride du Pacifique Oriental, *C.R. Acad. Sci., Sér. III*, 295, 489-494.
- Enright J.T., Newman W.A., Hessler R.R., Mc Gowan J.A., 1981. Deep-ocean hydrothermal vent communities, *Nature*, 289, 219-221.
- Fustec A., 1985. Microdistribution et variations temporelles de la faune hydrothermale des sites de la zone 13°N sur la ride du Pacifique Est, *Thèse Univ., Univ. Rennes, France*, 146 p.
- Handa N., 1970. Dissolved and particulate carbohydrates, in: *Organic matter in natural waters*, edited by D.W. Hood, Univ. Alaska, USA, 129-152.
- Hare P.E., 1969. Geochemistry of proteins, peptides and amino-acids, in: *Organic Geochemistry*, edited by G. Eglinton and M.T.J. Murphy, Springer-Verlag, Berlin, 438-462.
- Hessler R.R., Smithey Jr. W.M., 1983. The distribution and community structure of megafauna at the Galapagos Rift hydrothermal vents, in: *Hydrothermal Processes at Seafloor Spreading Centers*, edited by P.A. Rona, K. Boström, L. Laubier and K.L. Smith Jr., Plenum Press, New York, 735-770.
- Jannasch H.W., 1983. Microbial processes at deep-sea hydrothermal vents, in: *Hydrothermal Processes at Seafloor Spreading Centers*, edited by P.A. Rona, K. Boström, L. Laubier and K.L. Smith Jr., Plenum Press, New York, 677-709.
- Jocteur-Monrozier L., Jeanson P., 1979. L'azote organique et ammoniacal, combinaisons et stabilité chimique, in: *Géochimie organique des sédiments marins profonds. Orgon III: Mauritanie, Sénégal, Iles du Cap-Vert*, édité par M. Arnould and R. Pelet, CNRS, Paris, 405-422.
- Johns R.B., Perry G.J., Jackson K.S., 1977. Contribution of bacterial lipids to recent marine sediments, *Estuarine Coastal Mar. Sci.*, 5, 521-529.
- Jones M.L., 1981. *Riftia pachyptila*, new genus, new species, the vestimentiferan worm from the Galapagos Rift geothermal vents (Pogonophora), *Proc. Biol. Soc. Wash.*, 93, 1295-1313.
- Karl D.M., Wirsén C.O., Jannasch H.W., 1980. Deep-sea primary production of the Galapagos hydrothermal vents, *Science*, 207, 1345-1347.
- Karl D.M., Burns D.J., Orret K., Jannasch H.W., 1984. Thermophilic microbial activity in samples from deep-sea hydrothermal vents, *Mar. Biol. Lett.*, 5, 227-231.
- Kolattukudy P.E., 1976. *Chemistry and biochemistry of natural waxes*, Elsevier, New York, 270 p.
- Langworthy T.A., 1979. Membrane structure of thermoacidophilic bacteria, in: *Strategy of Microbial Life in Extreme Environments*, edited by M. Shilo, Dhalen Konferenzen Berlin, Verlag Chemie, Weinheim, RFA, 417-432.
- Lee C., Cronin C., 1982. The vertical flux of particulate organic nitrogen in the sea: decomposition of amino acids in the Peru upwelling area and the Equatorial Atlantic, *J. Mar. Res.*, 40, 227-251.
- Lee C., Cronin C., 1984. Particulate amino-acids in the sea: effects of primary productivity and biological decomposition, *J. Mar. Res.*, 42, 1075-1097.
- Lindroth R., Mopper K., 1979. High performance liquid chromatographic determination of subpicomole amounts of amino acids by precolumn fluorescence derivatization with o-phthalaldehyde, *Anal. Chem.*, 51, 1667-1674.
- Michard G., Albarède F., Michard A., Minster J.F., Charlou J.-L., Tan N., 1984. Chemistry of solutions from the 13°N East Pacific Rise hydrothermal site, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 67, 297-307.
- Mopper K., Lindroth P., 1982. Diel and depth variations in dissolved free amino acids and ammonium in the Baltic sea determined by HPLC analysis, *Limnol. Oceanogr.*, 27, 2, 336-347.
- Morris R.J., Culklin F., 1976. Marine lipids: analytical techniques and fatty acid ester analysis, *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 14, 391-433.
- Parsons T.R., 1975. Particulate organic carbon in the sea, in: *Chemical Oceanography*, edited by J.P. Riley and G. Skirrow, Academic Press, London, 365-383.
- Perry G.J., Volkman J.K., Johns R.B., Bavor H.J. Jr., 1979. Fatty acids of bacterial origin in contemporary marine sediments, *Geochim. Cosmochim. Acta*, 43, 1715-1725.
- Rittenberg S.C., Emery K.O., Hulsemann J., Degens E.T., Fay R.C., Reuter J.H., Grady J.R., Richardson S.H., Bray E.E., 1963. Biogeochemistry of sediments in experimental Mohole, *J. Sediment. Petrol.*, 33, 140-172.
- Sallot A., Tissier M.J., Boussugue C., 1980. Organic geochemistry of the deep ocean sediment interface and interstitial water, in: *Advances in Organic Geochemistry 1979*, edited by A.G. Douglas and J.R. Maxwell, Pergamon Press, Oxford, GB, 333-341.
- Sallot A., Andrié C., Jullien D., Lorre A., Marty J.-C., Scribe P., 1984. Dégradation bactérienne de la matière organique dans les eaux de mer : approche par les marqueurs biogéochimiques, in: *Bactériologie marine, Colloque inter. CNRS, Paris*, 51-56.
- Schroeder R.A., Bada J.L., 1976. A review of geochemical applications of the amino acid racemization reaction, *Earth-Sci. Rev.*, 12, 347-391.
- Siegel A., Degens E.T., 1966. Concentrations of dissolved amino acids from saline waters by ligand-exchange chromatography, *Science*, 157, 1098-1101.
- Siezen R.J., Mague T.H., 1978. Amino acids in suspended particulate matter from oceanic and coastal waters of the Pacific, *Mar. Chem.*, 6, 215-231.
- Simonett B.R.T., 1982. Preliminary organic geochemistry of laminated versus non-laminated sediments from holes 479 and 480, Deep Sea Drilling Project, leg 64, in: *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project, 64-2*, edited by J.R. Curry, D.G. Morre et al., US Gov. Printing Office, Washington D.C., 921-924.
- Simonett B.R.T., Philp R.P., 1982. Organic geochemistry of lipids and kerogen and the effects of basalt intrusions on unconsolidated oceanic sediments: sites 477, 478 and 481, Guaymas Basin, Gulf of California, in: *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project, 64-2*, edited by J.R. Curry, D.G. Moore et al., US Gov. Printing Office, Washington D.C., 883-904.
- Somero G.N., Siebenaller J.S., Ochachka P.W., 1984. Physiological adaptations of deep-sea animals, in: *Deep-Sea Biology, The Sea*, 8, edited by G.T. Rowe, John Wiley and Sons, New York, 309.
- Southward A.J., Southward E.C., Brattegard T., Bakke T., 1979. Further experiments on the value of dissolved organic matter as food for *Siboglinum fiordicum* (Pogonophora), *J. Mar. Biol. Assoc. UK*, 59, 133-148.
- Stevenson F.J., Cheng C.N., 1972. Organic geochemistry of the Argentine basin sediments: carbon-nitrogen relationships and quaternary correlations, *Geochim. Cosmochim. Acta*, 36, 653-671.
- Vallentyne J.R., 1964. Biogeochemistry of organic matter. II: Thermal reaction kinetics and transformation products of amino compounds, *Geochim. Cosmochim. Acta*, 28, 157-188.
- Volkman J.K., Johns R.B., Gillam F.T., Perry G.J., Bavor H.J. Jr., 1980. Microbial lipids of an intertidal sediment. I: Fatty acids and hydrocarbons, *Geochim. Cosmochim. Acta*, 41, 1133-1143.

Von Damm K.L., Grant B., Edmond J.M., 1983. Preliminary report on the chemistry of hydrothermal solutions at 21° North, East Pacific Rise, in: *Hydrothermal Processes at Seafloor Spreading Centers*, edited by P.A. Rona, K. Boström, L. Laubier and K.L. Smith Jr., Plenum Press, New York, 369-390.

Welhan J.A., Craig H., 1983. Methane, Hydrogen and Helium

in hydrothermal fluids at 21°N on the East Pacific Rise, in: *Hydrothermal Processes at Seafloor Spreading Centers*, edited by P.A. Rona, K. Boström, L. Laubier and K.L. Smith Jr., Plenum Press, New York, 391-410.

White R.H., 1984. Hydrolytic stability of biomolecules at high temperature and its implication for life at 250°C, *Nature*, 310, 430-432.