

Composition en acides aminés des particules en suspension autour des événements hydrothermaux (dorsale Est-Pacifique, 13°N)

Acides aminés
Particules en suspension
Événements hydrothermaux
Dorsale Est-Pacifique
Amino acids
Suspended particles
Hydrothermal vents
East Pacific Rise

Patrick ALBÉRIC

Laboratoire de Géologie Appliquée (U.A. 724 du C.N.R.S.), Université d'Orléans,
45046 Orléans Cédex, France.

Reçu le 2/5/85, révisé le 2/9/85, accepté le 3/9/85.

RÉSUMÉ

La teneur et la composition en acides aminés des particules en suspension dans les sites hydrothermaux (prélevées en plongée au moyen d'une seringue) dépendent étroitement de leur position par rapport aux massifs de vers (Alvinellinae, Pogonophore). A proximité immédiate des organismes, les teneurs des eaux en acides aminés particulaires sont importantes (0,6-17 $\mu\text{mol/l}$). L'acide aminé prépondérant est l'acide glutamique dans le cas des particules associées à la présence des Alvinellinae, et la glycine dans le cas de celles prélevées près des Pogonophores. Chaque massif de vers apparaît comme un système relativement fermé, qui échange peu de matière organique sous une forme particulaire avec le milieu environnant.

A l'extérieur des sites hydrothermaux ainsi qu'au-dessus des zones occupées par les vers Serpulidae ou bien dans les eaux chaudes à la sortie des événements, les teneurs en acides aminés particulaires sont faibles (0,06-0,4 $\mu\text{mol/l}$). Il s'agit de particules très pauvres en acides aminés (0,6-4 $\mu\text{mol/g}$); leur composition est semblable à celle habituellement déterminée pour les particules prélevées en milieu océanique profond.

Les particules provenant des eaux de surface (récoltées au moyen d'un piège à particules) arrivent au niveau du fond avec une teneur en acides aminés qui atteint 250 $\mu\text{mol/g}$. Elles peuvent alimenter un stock de matière organique en suspension disséminée dans les eaux des sites hydrothermaux et susceptible de se confondre avec la matière organique produite localement. Ce risque existe, en particulier en ce qui concerne la signification des petites quantités d'acides aminés détectées dans les particules prélevées dans les eaux très chaudes ($T > 250^\circ\text{C}$) des fumeurs.

Oceanol. Acta, 1986, 9, 1, 73-79.

ABSTRACT

Amino acid composition of suspended particles around hydrothermal vents (East Pacific Rise, 13°N).

Amino acid concentrations and compositions of suspended particles around hydrothermal vents (collected from submersible with a syringe) are directly related to the presence of worm clusters (Alvinellinae, Pogonophora). Near the worms, particulate amino acid concentrations of waters are high (0.6-17 $\mu\text{mol/l}$). Glutamic acid is the major amino acid near the Alvinellinae and glycine is the major one near the Pogonophora.

The clusters appear to function as closed systems, exchanging little particulate organic matter with their surroundings.

Outside hydrothermal sites and above areas populated by the Serpulidae worms or in hot vent waters, particulate amino acid concentrations are low (0.06-0.4 $\mu\text{mol/l}$ or 0.6-4 $\mu\text{mol/g}$). Individual amino acid compositions are similar to those found in a deep oceanic environment.

Sinking particles from sea surface (sediment trap collected) arrive at bottom depth with high amino acid contents (250 $\mu\text{mol/g}$). They could supply a stock of suspended organic matter likely to mask or be confused with organic matter produced locally. The significance of the amino acids detected in the particles collected from the hot ($T > 250^\circ\text{C}$) vent waters is questionable.

Oceanol. Acta, 1986, 9, 1, 73-79.

INTRODUCTION

Les communautés biologiques installées autour des événements hydrothermaux des dorsales océaniques bénéficient d'une production primaire locale constituée de bactéries chimolithotrophes (Jannasch, Wirsén, 1979). Cette production bactérienne peut s'effectuer de manière indépendante (disséminée dans le milieu ou fixée à la surface de différents supports) ou bien suivant différentes formes de symbioses entre les bactéries et les consommateurs primaires.

La manière dont les consommateurs primaires strictement liés aux événements hydrothermaux utilisent ces deux sources de matière organique varie suivant les espèces (voir Desbruyères, Laubier, 1984 pour une revue). L'existence des relations symbiotiques est générale, elles constituent des places privilégiées de l'activité bactérienne dans les sites hydrothermaux (Tuttle *et al.*, 1983), mais dans certains cas les particules en suspension dans les eaux constituent un apport complémentaire de matière organique. La valeur nutritive de ces particules dépend pour une large part de leur teneur en protéides. L'objet de cette étude a été de comparer les compositions en acides aminés des particules en suspension, en fonction de leur position par rapport aux massifs d'organismes et par rapport aux événements.

Les particules ont été prélevées lors de la campagne Biocyarise (mars 1984) dans deux sites hydrothermaux situés le long de la dorsale Est-Pacifique vers 13°N, des événements eux-mêmes ($T > 250^{\circ}\text{C}$) à la périphérie des sites.

Des particules représentatives du flux provenant des couches d'eau superficielles ont également été étudiées.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Lieux de prélèvement

Deux sites hydrothermaux situés à une profondeur

moyenne de 2630 m ont été prospectés pour cette étude :

— le site Actinoir ($12^{\circ}48'77\text{N}$, $103^{\circ}56'77\text{W}$), décrit par Desbruyères *et al.* (1982), qui est essentiellement composé d'une cheminée de 15 m de haut d'où s'échappe une eau très chaude ($T > 250^{\circ}\text{C}$) chargée de particules noires caractéristiques des « fumeurs noirs »;

— le site Parigo ($12^{\circ}48'57\text{N}$, $103^{\circ}56'71\text{W}$) découvert durant la campagne Biocyarise (mars 1984) qui est caractérisé par la présence de nombreuses petites cheminées (1 à 2 m de haut) d'où sortent des eaux très chaudes ($T > 288^{\circ}\text{C}$) et incolores appelées pour cette raison « fumeurs translucides » par les membres de la mission. Ce type de sortie d'eau très chaude dans lequel n'apparaît pas de précipité n'avait jamais été décrit auparavant.

Techniques de prélèvement

Les particules ont été prélevées avec un système comportant une seringue en titane de 800 ml manœuvrée à partir du submersible « Cyana ». Elles ont été recueillies par filtration de 150 à 250 ml d'eau avec des filtres en fibres de verre Whatman GF/C (98 % de rétention : 1,7 μm) nettoyés au préalable par combustion. Il correspond à ces volumes des poids de particule compris entre 20 et 30 mg. Les filtres ont été conservés à -80°C puis rapidement séchés à 40°C dans une étuve ventilée. Des particules recueillies lors de la campagne Cyatherm (février-mars 1982) au moyen d'un piège à particules ont également été analysées. Le piège est resté 52 jours à 50 m au-dessus du fond à environ 500 m à l'est de l'axe de la dorsale. Ces particules ont été congelées à bord, puis lyophilisées.

La situation des prélèvements est décrite dans le tableau.

Tableau

Concentration en acides aminés hydrolysables des particules prélevées autour des événements.

Particulate total hydrolysed amino acid concentrations around vents.

| N° figure | Situation du prélèvement (n° plongée-filtre) | T de l'eau (°C) | pH | Acides aminés | | |
|---|--|--------------------|-----|---|-------------------|-------|
| | | | | $\mu\text{mol/g}$ (mg/g) ^a | $\mu\text{mol/l}$ | |
| <i>prélèvement au moyen d'un piège à particules</i> | | | | | | |
| 1 a | particules > 63 μm | — | — | 241 | (28,9) | — |
| 1 b | particules < 63 μm | — | — | 255 | (30,6) | — |
| <i>prélèvement à partir du submersible</i> | | | | | | |
| <i>site « Actinoir »</i> | | | | | | |
| 2 a | à l'extérieur du site à 10 cm au-dessus du basalte (34-9) | 1,8 | 7,7 | 3,8 | (0,5) | 0,39 |
| 2 c | dans le panache d'un fumeur noir (44-41) | > 250 | 3,2 | 2,3 | (0,3) | 0,22 |
| <i>site « Parigo »</i> | | | | | | |
| 2 b | à 5 cm au-dessus des vers <i>Serpulidae</i> (39-37) | 2,0 | 7,4 | 0,6 | (0,1) | 0,06 |
| 2 d | dans le panache d'un fumeur translucide (40-38) | 288 | 5,0 | 1,6 | (0,2) | 0,14 |
| 2 e | au-dessus d'un buisson de <i>Pogonophores</i> (43-12) | — | 5,9 | 4,6 | (0,5) | 0,62 |
| 2 f | dans un buisson de <i>Pogonophores</i> (36-32) | — | 6,1 | 43,0 | (5,2) | 4,41 |
| 2 g | au-dessus d'un massif d' <i>Alvinellinae</i> (37-33) | — | 6, | 8,9 | (1,1) | 0,98 |
| 2 h | dans un massif d' <i>Alvinellinae</i> (42-10) | — | 5,6 | 112,7 | (13,5) | 17,13 |
| 2 i | dans le panache d'un fumeur translucide juste après que la cheminée ait été cassée (35-50) | > 200 | 5,2 | 6,7 | (0,8) | 0,66 |
| 2 j | <i>Copépodes</i> (42-10) | — | — | 1720 | (206,4) | — |

^a Calculé en prenant un poids moléculaire moyen pondéré égal à 120.

Méthode d'analyse

Les filtres supportant les particules ont été introduits dans des tubes en verre fermés par des bouchons à vis, 4 ml d'HCl 5,6 N (distillé) et 0,1 μmol de norleucine (témoin interne) sont ajoutés avant de purger le tube avec de l'azote. L'hydrolyse est effectuée dans une étuve à 110°C pendant 20 h. L'acide et un volume d'eau égal ayant servi au rinçage du tube et du filtre sont ensuite évaporés sous vide à 40°C. Les sels sont repris par 500 μl d'eau et 200 μl sont utilisés pour l'analyse des acides aminés à l'aide d'un analyseur Beckman 118 BL. Le système de détection utilise la mesure (à 570 et 440 nm) de l'intensité de la coloration due à la réaction entre les composés aminés et la ninhydrine. L'appareil est équipé d'une colonne de 37 cm de hauteur et de 9 mm de diamètre remplie de résine de type W 2. Trois solutions tampons (citrate de sodium) de pH 3,60; 4,25 et 6,40 sont respectivement utilisées pendant 37,47 et 106 minutes à un débit égal à 1 ml/mn. La limite de détection est inférieure à 1 nanomole par acide aminé.

Les particules recueillies au moyen du piège ont été analysées dans des conditions identiques.

La verrerie avant d'être utilisée a été nettoyée avec une solution sulfochromique. Deux filtres non utilisés mais ayant subi les mêmes manipulations que les autres ont également été analysés. Le taux de pollution est le même pour les deux filtres, il représente 20% de la somme des acides aminés détectés pour l'échantillon le plus pauvre et 7% au maximum pour les autres (les acides aminés principalement concernés sont l'acide aspartique, la glycine, la sérine, et l'acide glutamique, dont les valeurs dans les blancs atteignent chacune 1 nanomole).

Les conclusions tirées de cette étude doivent évidemment être considérées en fonction des moyens analytiques utilisés, compte tenu des faibles quantités de particules analysées des systèmes HPLC, plus sensibles, permettraient peut-être d'établir d'autres comparaisons entre les échantillons.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Particules récoltées au moyen d'un piège à particules

Les particules analysées ont été récoltées au moyen d'un piège du type décrit par Honjo (1978). Pendant

la même période un piège d'un type différent mais de même principe [réalisé par le Centre de Brest de l'Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER)] fut mouillé à proximité : les quantités moyennes de particules récoltées avec l'un et l'autre sont assez proches (respectivement 30 et 40 $\text{mg}/\text{m}^2/\text{jour}$). Les teneurs globales en carbone organique, azote et protéines des particules récoltées par les deux pièges sont également très voisines (Khrpounoff, comm. pers.). Plusieurs pièges furent mouillés à proximité des événements à l'occasion des campagnes « Cliperton 1981 » et « Cyatherm 1982 ». Leur contenu s'est révélé varié : certains ont récolté une proportion importante de particules provenant des événements (Jedwab, Boulègue, 1984) d'autres non, comme celui d'où proviennent les particules étudiées.

Les particules analysées (que l'on considèrera comme représentatives de la sédimentation ambiante en provenance de la surface dans les parages des sites hydrothermaux) ont une teneur en acides aminés qui atteint 250 $\mu\text{mol}/\text{g}$. Elle est dans la gamme des concentrations mesurées par Lee *et al.* (1983) et Ittekkot *et al.* (1984 b) pour des particules récoltées à des profondeurs semblables dans le bassin de Panama.

Leur composition en acides aminés (fig. 1 a, b) est semblable à celles généralement décrites pour les particules prélevées en profondeur : la glycine y est l'acide aminé prépondérant (Siezen, Mague, 1978; Lee *et al.*, 1983; Ittekkot *et al.*, 1984 a, b; Wakeham *et al.*, 1984; Albéric, Khrpounoff, 1984). Les particules prélevées dans les eaux de surface des océans (100 premiers mètres ont une composition généralement marquée par la prédominance des acides aspartique et glutamique (Siezen, Mague, 1978; Lee, Cronin, 1982). Certaines compositions en acides aminés particulières peuvent se manifester lorsque les particules sont presque exclusivement constituées d'un seul élément (large prédominance de l'acide aspartique dans le cas de la matière organique calcifiée des coccolithes, Ittekkot *et al.*, 1984 b).

Le flux d'acides aminés recueilli au niveau de la dorsale (7 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{jour}$) est compris entre les valeurs supérieures (20-60 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{jour}$) mesurées dans le bassin de Panama (Lee *et al.*, 1983; Ittekkot *et al.*, 1984 a) et celles plus faibles (1-2 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{jour}$) mesurées dans le Pacifique central Nord (Wakeham *et al.*, 1984) à des latitudes semblables.

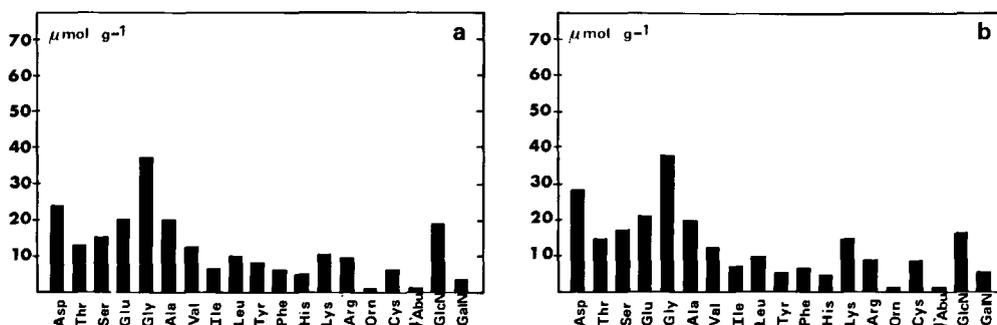


Figure 1

Composition en acides aminés des particules récoltées au moyen du piège à particules : a, > 63 μm ; b, < 63 μm .

(Asp : acide aspartique; Thr : thréonine; Ser : sérine; Glu : acide glutamique; Gly : glycine; Ala : alanine; Val : valine; Ile : isoleucine; Leu : leucine; Tyr : tyrosine; Phe : phénylalanine; His : histidine; Lys : lysine; Arg : arginine; Orn : ornithine; Cys : 1/2 cystine + acide cystéique; γ Abu : acide γ -aminobutyrique; GlcN : glucosamine; GalN : galactosamine).

Amino acid composition of sediment trap particles: a, > 63 μm ; b, < 63 μm .

Les particules prélevées par le piège sont en moyenne 100 fois plus riches en acides aminés que les particules prélevées, à partir du submersible, autour des événements (si l'on exclut celles situées au-dessus des massifs de vers, voir paragraphe suivant). Cette différence importante de concentration doit être jugée en tenant compte de la nature différente des systèmes de prélèvements utilisés : contrairement aux prélèvements d'eau de faibles volumes, les pièges à particules permettent la récolte de grosses particules dotées d'une vitesse de sédimentation rapide qui permet de la matière organi-

que relativement fraîche d'atteindre les couches d'eau profondes (Honjo, 1978; 1980). En conséquence les mesures effectuées sur les prélèvements réalisés à partir du submersible ne prennent pas en compte d'une manière directe le flux de grosses particules provenant de la surface.

Particules prélevées à partir du submersible

Ces particules peuvent être classées en trois groupes :

- celui des particules prélevées à la périphérie ou à l'extérieur des sites hydrothermaux (fig. 2 a, b);

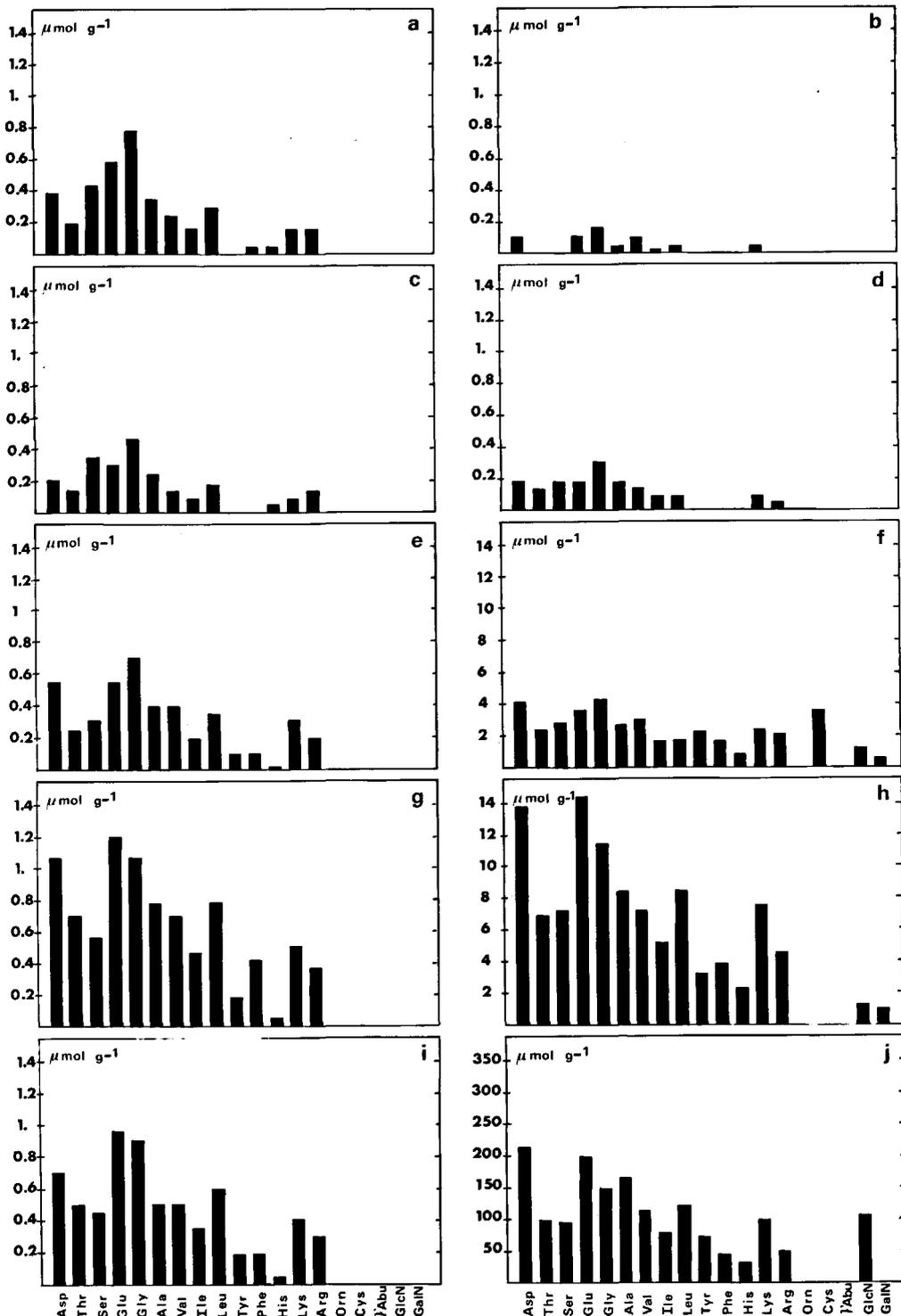


Figure 2
Composition en acides aminés des particules prélevées à partir du submersible. Voir tableau pour la correspondance entre la situation des prélèvements et le numéro des figures (abréviations des acides aminés comme pour la figure 1.)
Amino acid composition of particles collected by submersible. See Table for the correspondance between figure numbers and sample localizations (same amino acid abbreviations as in Fig. 1).

— celui des particules prélevées à la bouche même des événements (température de l'eau supérieure à 250°C) (fig. 2c, d);

— celui des particules prélevées à proximité des organismes vivants (*Alvinella pompejana*, *Riftia pachyptila*) (fig. 2e, f, g, h).

Particules prélevées à la bouche des fumeurs ou à l'extérieur des sites

Les teneurs en acides aminés les plus faibles se rapportent aux prélèvements des deux premiers groupes. L'éventail des concentrations (0,06-0,39 µmol/l) est compris entre les teneurs moyennes mesurées en-dessous des zones photiques du large pour l'échantillon le plus pauvre (2b) et celles mesurées dans les zones photiques pour les autres (Siezen, Mague, 1978; Lee *et al.*, 1983). Aucune tendance particulière de la variation des concentrations totales en acides aminés des particules entre les événements et la périphérie du système hydrothermal n'est notable. Leurs compositions ne montrent pas non plus entre elles de différences significatives. Par rapport à la composition des particules prélevées au moyen du piège on peut noter dans certains cas une diminution de la proportion de l'acide aspartique mais dans l'ensemble les différences sont peu importantes.

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 acides aminés de ces particules sont particulièrement faibles (0,6-3,8 µmol/g) et c'est en réalité la très forte densité de particules présentes dans les eaux des sites hydrothermaux (100 mg/l) qui rend comparable la concentration en acides aminés particuliers de ces eaux avec celle des eaux de surface des océans.

On peut être tenté de lier les quantités d'acides aminés détectées dans les particules prélevées au niveau des fumeurs à l'existence d'une activité bactérienne dans les fluides chauds (>250°C). Les compositions en acides aminés de ces particules ne sont pas différentes de celle de la matière protéique qui résulterait de l'activité bactérienne entretenue expérimentalement par Barros et Deming (1983) et Barros *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 analysées et de l'absence habituelle de ces composés dans le cas des bactéries thermophiles extrêmes (Langworthy, 1979).

Les teneurs en acides aminés des particules des fumeurs, converties en terme de biomasse bactérienne (1 µmole d'acide aminé pour 125 µg de carbone bactérien), corres-

pondraient à l'ordre de grandeur des biomasses déduites du dénombrement des cellules effectué 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.

Cependant, malgré cette concordance apparente et malgré la détection dans ces mêmes échantillons de lipides particuliers d'origine bactérienne (Brault, 1984), l'uniformité des compositions et des teneurs à l'extérieur du système hydrothermal et au niveau des événements, rend également possible l'appartenance de ces acides aminés à de la matière organique 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 matière organique étrangère aux fluides hydrothermaux peut résulter d'une imperfection des systèmes de prélèvement ou bien d'infiltrations d'eau de mer mélangées 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 60% dans le cas du fumeur noir et 20% dans le cas du fumeur translucide (Grimaud, comm. pers.).

Si la présence de matière organique dans le fluide hydrothermal résulte d'infiltrations d'eau de mer, un temps de séjour de quelques heures de la matière organique semble être une limite maximum 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 acides aminés devrait fournir une indication concernant ce temps (Hare, 1969; Schroeder, Bada, 1976 et références incluses). L'absence de l'alloisoleucine parmi les acides aminés détectés ne permet pas d'envisager qu'il soit très important.

En conclusion : si une source de matière organique d'origine bactérienne existe au niveau de la bouche des fumeurs, elle n'est pas en mesure d'imprimer une marque suffisamment nette pour être discernable, par sa composition et sa teneur en acides aminés, des apports de matière organique océanique.

Particules prélevées à proximité des organismes vivants

A 10 cm au-dessus des massifs d'organismes (Pogonophores, Alvinellinae) les concentrations en acides aminés des particules atteignent 5 à 10 µmol/g. Leurs compositions changent (fig. 2e, g) : les différences significatives, par rapport aux particules précédemment décrites, portent sur la diminution des proportions de la glycine et de l'alanine et sur l'augmentation de celles de la tyrosine et de la phénylalanine et, dans le cas des particules prélevées au-dessus du massif d'Alvinellinae, de la leucine. Dans ces dernières l'acide glutamique devient l'acide aminé prépondérant (fig. 2g). Schématiquement, cette composition se rapproche de celles des particules récoltées dans les eaux de surface des océans (Siezen, Mague, 1978; Lee, Cronin, 1982).

A proximité immédiate des organismes, à l'intérieur des massifs ou des buissons constitués par leurs tubes, la teneur en acides aminés des particules augmente d'un facteur 10 (43 et 113 $\mu\text{mol/g}$) tout en conservant une composition (fig. 2f, h) identique à celle des particules prélevées juste au-dessus (fig. 2e, g).

Les particules recueillies entre les tubes des vers comprennent des fragments d'origine biologique (observés à un grossissement $\times 100$). Dans le cas du massif d'Alvinellinae il s'agissait de plusieurs carapaces de copépodes qui ont été analysées séparément. Leur composition (fig. 2j) et celle des particules restées sur le filtre (fig. 2h) sont très voisines (la plus grande proportion de glucosamine déterminée dans le cas des copépodes est sans doute due à l'hydrolyse de la chitine de leur carapace, sans être cependant quantitative). Cowey et Corner (1963; 1966) ont montré que la composition en acides aminés d'organismes comme les copépodes est pratiquement identique à celle de leur matériel alimentaire et de leurs fèces. La matière organique présente sur le filtre analysé peut être ainsi constituée d'un mélange de ces trois éléments, la quantité d'acides aminés contenue dans les carapaces ne représente que 7% de celle contenue dans les particules non figurées qui est par conséquent prépondérante. La présence des Alvinellinae a, quoi qu'il en soit, certainement un rapport avec la composition en acides aminés de ces particules, puisque celles provenant de l'effondrement du sommet de la cheminée d'un des fumeurs translucides, dont les parois externes sont tapissées de tubes d'*Alvinella pompejana*, possèdent également une composition caractérisée par la prédominance de l'acide glutamique (fig. 2i).

Dans le cas du buisson de Pogonophores les fragments observés correspondent probablement à des débris de tissus fibreux provenant des vers. Leur contribution à la quantité totale d'acides aminés mesurée n'a pas été estimée. La présence des fragments de tissus ne différencie pas, dans leur ensemble, les compositions en acides aminés des particules prélevées au-dessus ou entre les vers (fig. 2e, f). Elle s'accompagne cependant de l'augmentation sensible des proportions de la tyrosine et de la phénylalanine et surtout de l'apparition d'une quantité importante de cystine qui atteint environ 10% de la somme des acides aminés de cet échantillon (fig. 2f). Les conditions d'hydrolyse utilisées ne permettent pas une analyse satisfaisante des acides aminés soufrés et se sont peut-être des circonstances favorables, particulières à cet échantillon, qui laissent apparaître une importante quantité de cystine. Il est à noter que la méthionine (non représentée sur les figures) n'a pas été détectée dans cet échantillon tandis qu'elle représente environ 1% dans les particules dans le massif d'Alvinellinae et dans celles prélevées au moyen du piège. Dans ces dernières la cystine est présente mais ne constitue que 3% de la somme des acides aminés (fig. 1a, b). La taurine n'a pas été détectée dans ces échantillons de particules, ce composé est par ailleurs prépondérant dans les fractions aminées libres extraites des tissus de *Riftia pachyptila* (étude en cours).

La richesse en cystine de ces particules est peut-être liée à l'utilisation des sulfures hydrothermaux comme

source locale de soufre (Fry *et al.*, 1983) et à la situation privilégiée des Pogonophores en ce qui concerne la chimioautotrophie (Cavanaugh *et al.*, 1981; Felbeck, 1981; Felbeck *et al.*, 1981; Arp, Childress, 1983), bien que ce rapprochement puisse être fortuit.

En résumé, il faut noter que les particules en suspension à proximité des deux groupes d'organismes étudiés (Pogonophores, Alvinellinae) possèdent une composition originale en acides aminés qui est particulière à chacun et qui diffère de celle des particules prélevées au niveau des événements ou à l'extérieur des sites hydrothermaux.

Les fractions lipidiques de la matière organique en suspension étudiées par Comita *et al.* (1984) à 21°N portent davantage la marque du zooplancton et des grands vers installés autour des événements que la marque d'une activité bactérienne productrice de matière organique de manière disséminée dans les eaux. L'analyse des acides gras semble être cependant davantage indicatrice de la présence de bactéries (Brault, 1984).

D'une manière générale, la matière organique en suspension à proximité des organismes (Pogonophores, Alvinellinae) est certainement constituée d'un mélange de particules provenant suivant les cas : des biomasses bactériennes importantes 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 *A. pompejana* (Desbruyères, Laubier, 1984); 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 type de massif à l'autre, une identité suffisante pour être reconnaissable par sa composition en acides aminés.

CONCLUSION

La présence dans les sites hydrothermaux à 13°N de particules en suspension riches en matière organique (acides aminés) est limitée aux espaces compris entre les organismes (Pogonophores, Alvinellinae). Au-dessus d'eux, les concentrations en acides aminés des particules diminuent brusquement mais leurs compositions restent dans l'ensemble semblables aux précédentes.

Chaque massif semble constituer un système assez fermé qui laisse échapper peu de matière organique particulière dans l'eau environnante et qui contribue peu à fournir de la matière nutritive aux consommateurs primaires situés à la périphérie des sites qui sont eux aussi étroitement dépendants des relations symbiotiques.

En dehors des massifs d'organismes les teneurs en acides aminés des particules sont faibles et leur composition est comparable à celle des particules prélevées en profondeur dans les océans. Les particules provenant des eaux de surface arrivent au niveau de la dorsale avec une teneur en acides aminés très importante. Elles peuvent constituer un stock de matière organique disséminée dans les eaux susceptible de se confondre avec la matière organique produite localement. La présence

de petites quantités d'acides aminés associées aux particules prélevées dans les panaches des fumeurs ne peut donc pas être invoquée, de façon certaine, à l'appui de l'existence d'une activité biologique dans les eaux hydrothermales les plus chaudes.

Remerciements

Mes remerciements s'adressent à tous les participants à la campagne Biocyarise, et plus particulièrement à A. Khrifpounoff pour le conditionnement des échantillons; à D. Desbruyères et J. Trichet pour leur commentaire critique du manuscrit.

Ce travail a bénéficié du soutien financier de l'IFREMER (contrat n° 84/7576).

RÉFÉRENCES

- Albéric P., Khrifpounoff A., 1984. Relations entre les compositions en acides aminés des particules en voie de sédimentation, du contenu intestinal des holothuries abyssales et du sédiment environnant, *Mar. Chem.*, **14**, 379-394.
- Arp A.J., Childress J.J., 1983. Sulfide binding by the blood of hydrothermal vent tube worm *Riftia pachyptila*, *Science*, **219**, 295-297.
- 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, 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 3^e cycle, Univ. Pierre et Marie Curie, Paris*, 168 p.
- Cavanaugh C.H., Gardiner S.L., Jones M.L., Jannasch H.W., Waterbury J.B., 1981. Prokaryotic cells in the hydrothermal vent tube worm *Riftia pachyptila* Jones: possible chemoautotrophic symbionts, *Science*, **213**, 340-341.
- 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.
- Cowey C.B., Corner E.D.S., 1963. On the nutrition and metabolism of zooplankton. II. The relationship between the marine copepod *Calanus helgolandicus* and particulate material in Plymouth sea water, in terms of amino acid composition, *J. Mar. Biol. Assoc. UK*, **43**, 495-511.
- Cowey C.B., Corner E.D.S., 1966. The amino-acid composition of certain unicellular algae, and of the faecal pellets produced by *Calanus finmarchicus* when feeding on them, in: *Some contemporary studies in marine science*, edited by H. Barnes, Allen and Urvin, Londres, 225-231.
- Desbruyères D., Laubier L., 1984. Primary consumers from hydrothermal vents communities, in: *Hydrothermal processes at sea-floor spreading centers*, edited by P.A. Rona, K. Boestrom, L. Laubier and K.L. Smith Jr., Plenum Press, N.-Y., 711-734.
- Desbruyères D., Crassous P., Grassle J., Khrifpounoff A., Reyss D., Rio M., Van Praet M., 1982. Données écologiques sur un nouveau site d'hydrothermalisme actif de la ride du Pacifique oriental, *C.R. Acad. Sci. Paris, sér. III*, **295**, 489-494.
- Felbeck H., 1981. Chemoautotrophic potential of the hydrothermal vent tube worm *Riftia pachyptila* Jones (Vestimentifera), *Science*, **213**, 336-338.
- Felbeck H., Childress J.J., Somero G.N., 1981. Calvin-Benson cycle and sulphide oxidation enzymes in animals from sulphide-rich habitats, *Nature*, **293**, 291-293.
- Fry B., Gest H., Hayes J.M., 1983. Sulfur isotopic compositions of deep-sea hydrothermal vent animals, *Nature*, **306**, 51-52.
- 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.
- Honjo S., 1978. Sedimentation of materials in the Sargasso Sea at a 5,365 m deep station, *J. Mar. Res.*, **36**, 469-492.
- Honjo S., 1980. Material fluxes and modes of sedimentation in the mesopelagic and bathypelagic zones, *J. Mar. Res.*, **38**, 53-97.
- Ittekkot V., Deuser W.G., Degens E.T., 1984 a. Seasonality in the fluxes of sugars, amino acids, and amino sugars to the deep ocean: Sargasso Sea, *Deep-Sea Res.*, **31**, 1057-1069.
- Ittekkot V., Degens E.T., Honjo S., 1984 b. Seasonality in the fluxes of sugars, amino acids, and amino sugars to the deep ocean: Panama Basin, *Deep-Sea Res.*, **31**, 1071-1083.
- Jannasch H.W., Wirsén C.O., 1979. Chemosynthetic primary production at East Pacific sea floor spreading centers, *Bioscience*, **29**, 592-598.
- Jannasch H.W., Wirsén C.O., 1981. Morphological survey of microbial mats near deep-sea thermal vents, *Appl. Environ. Microbiol.*, **41**, 528-538.
- Jedwab J., Boulègue J., 1984. Graphite crystals in hydrothermal vents, *Nature*, **310**, 41-43.
- Karl D.M., Wirsén C.O., Jannasch H.W., 1980. Deep-sea primary production at 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.
- Langworthy T.A., 1979. Membrane structure of thermoacidophilic bacteria, in: *Strategie of microbial life in extreme environments*, edited by M. Shilo, Dahlem Konferenzen, Berlin, Verlag Chemie, Weinheim, 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., Wakeham S.G., Farrington J.F., 1983. Variations in time composition of particulate organic matter in a time-series sediment trap, *Mar. Chem.*, **13**, 181-194.
- 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 Planetary. Sci. Lett.*, **67**, 297-307.
- 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.
- Schroeder R.A., Bada J.L., 1976. A review of geochemical applications of the amino acid racemisation reaction, *Earth Sci. Rev.*, **12**, 347-391.
- Tuttle J.H., Wirsén C.O., Jannasch H.W., 1983. Microbial activities in the emitted hydrothermal waters of the Galapagos rift vents, *Mar. Biol.*, **73**, 293-299.
- Vallentyne J.R., 1964. Biogeochemistry of organic matter-II. Thermal reaction kinetics and transformation products of amino compounds, *Geochim. Cosmochim. Acta*, **28**, 157-188.
- Wakeham S.G., Lee C., Farrington J.W., Gagosian R.B., 1984. Biogeochemistry of particulate organic matter in the oceans: results from sediment trap experiments, *Deep-Sea Res.*, **31**, 509-528.
- White R.H., 1984. Hydrolytic stability of biomolecules at high temperatures and its implication for life at 250°C, *Nature*, **310**, 430-432.

Les granulats marins

par Claude Augris et Alain Cressard,
publié par le Centre National pour l'Exploitation des
Océans (IFREMER)
in : *Rapports Scientifiques et Techniques*, n° 51, 1984,
90 p., 70 F.

Les besoins en matériaux pour la fabrication du béton se sont considérablement accrus depuis la dernière guerre et la recherche de nouveaux gisements de granulats minéraux s'impose aujourd'hui. Le CNEXO (IFREMER) a entrepris une vaste enquête pour localiser les volumes et la possibilité d'exploitation des gisements sous-marins. Les experts nous rendent compte dans ce livre des prospections réalisées et des perspectives d'utilisation industrielle.

Sur le plateau continental français, les vallées sous-marines creusées pendant les régressions marines quaternaires sont actuellement comblées par des alluvions grossières fluvi-marines, constituées de matériaux de taille variée, galets, sables, silts mais aussi de fines (vases). D'autres accumulations actuelles résultent des courants de marées en Manche (dunes hydrauliques).

L'utilisation des appareils de sismique réflexion légère (Sparker, Boomer) a grandement facilité la prospection de la couverture sédimentaire du proche littoral (seule rentable en exploitation industrielle). Les cartes publiées montrent leur répartition en nappes de dimension variable le long de la côte de la Manche et de l'Atlantique. Leur intérêt minier dépend d'un certain nombre de paramètres : épaisseur des dépôts (quelques dizaines de mètres au maximum), pourcentage de fines qu'il faut enlever et aussi distance à la côte.

La crainte de pollution ou de perturbation du milieu environnant est largement abordée dans cet ouvrage (menaces directes sur le biotope benthique ou pollution par les fines des parcs à huîtres et moules du littoral). Une étude expérimentale en baie de Seine a montré que les suspensions résultant des dragages constituaient 10 % environ du volume extrait. Les conséquences à long terme sont encore mal connues et incitent à beaucoup de prudence.

Le lecteur trouvera en outre dans cet ouvrage une estimation détaillée des prix de revient (30 F la tonne en 1983 après traitement), un résumé de la législation en vigueur, les volumes extraits dans chaque département côtier (2 % de la production française), et beaucoup d'autres informations.

Les carrières pourront sans doute se réjouir de l'abondance apparente de ces réserves marines, mais les scientifiques, pêcheurs, écologistes s'inquiètent des dégâts que peut entraîner leur exploitation sur le fond marin et le littoral. L'exploitation a commencé en baie de Seine. Attendons les conséquences. Mais ne peut-on trouver à terre les matériaux de même qualité, de même prix et préserver un milieu marin particulièrement fragile ?

Maurice Gennesseaux,
Laboratoire de Géologie dynamique,
Université Pierre-et-Marie-Curie,
4, place Jussieu,
75230 Paris Cedex 05.

Principles of aquatic chemistry

par François M. M. Morel,
publié par John Wiley and sons, 1983,
40,95 livres sterling

Cet ouvrage traite de la chimie des solutions aqueuses avec des applications aux eaux naturelles et aux eaux de mer. Son titre et l'organisation de son contenu rappellent de toute évidence l'excellent ouvrage de Stumm et Morgan « Aquatic Chemistry » dont la première édition est parue chez Wiley en 1970. F. Morel ne fait point de mystère de cette filiation et rend hommage, dans sa préface, à ses prédécesseurs. Les trois premiers chapitres contiennent des notions de base sur la thermodynamique et la cinétique chimiques ainsi que sur la résolution des problèmes d'équilibres. Les cinq autres chapitres traitent dans l'ordre : acides et bases (particulièrement le système $\text{CO}_2/\text{HCO}_3^-/\text{CO}_3^{2-}$ et autres acides et bases faibles présents dans les eaux naturelles); précipitation et dissolution des solides (et acquisition et contrôle de l'alcalinité des eaux douces et des eaux de mer); complexation; oxydo-réduction; réactions à l'interface solide-solution.

Lorsqu'on veut apprécier un tel ouvrage on ne peut s'empêcher de faire référence à chaque instant à Stumm et Morgan. Il était difficile de faire mieux et beaucoup plus neuf dans un domaine aussi bien codifié. Les notions d'espèces chimiques et de constituants indépendants développées au chapitre 1 et reprises en diverses parties du texte dans un louable effort de généralisation seraient peut-être superfétatoires. Le chapitre 6 sur la complexation me paraît réussi. Les modèles d'ions en solution sont clairement exposés. L'auteur souligne avec pertinence le caractère arbitraire des notions d'interactions « idéales » et « non idéales » et l'approche possible des équilibres par les coefficients d'activité totaux ou par les constantes apparentes d'équilibre (voir aussi chap. 1, p. 59). A noter également, au chapitre 2, le paragraphe « Gradients de concentration dans les systèmes à l'équilibre », et au chapitre 4 la partie « Échanges de gaz à l'interface air-eau ».

Au total il s'agit d'un ouvrage d'un bon niveau, exposé de manière très didactique qui le rend théoriquement accessible aux étudiants de Maîtrise ou d'écoles de chimie. En pratique sa spécificité et surtout sa rédaction en langue anglaise le destinent chez nous à l'usage d'étudiants en cours de spécialisation (3^e cycle) et aux « professionnels » de la chimie des eaux. Le chimiste océanographe y trouvera une source d'inspiration, certes moins romantique que celle qui jaillit de certains ouvrages de géochimie marine, mais parfaitement complémentaire et tout aussi indispensable.

G. Copin-Montegut,
Laboratoire de Physique et Chimie Marines,
C.E.R.O.V.,
La Darse, B.P. n° 8,
06230 Villefranche-sur-Mer.

Quaternary geology and oceanography of the Zaïre deep-sea fan and adjacent Atlantic

édité par J. H. F. Jansen,

in: *Netherlands Journal of Sea Research, Special Issue*
n° 17, 2-4, 1984.

Cette édition contient 13 articles sur les résultats obtenus à partir de quatre expéditions de l'Institut Néerlandais de Recherche Marine (Texel) dans l'estuaire du Zaïre et les bassins d'Angola et du Congo. Il s'agit plus d'ailleurs d'une étude monographique que thématique. Cinq articles en effet traitent des propriétés physico-chimiques des eaux (hydrographie, silice, matière en suspension, carbone); cinq articles concernent le nanno et phytoplancton des sédiments quaternaires, deux autres le paléomagnétisme chimique, un (en collaboration avec Giresse) la structure et l'histoire de la plate-forme.

Il est donc difficile de tirer un enseignement global de cette étude, qui ne comporte d'ailleurs pas de conclusion générale. On cherche d'abord un *deep-sea fan* qu'on ne reconnaît pas (un lobe résulterait de proliférations planctoniques de plate-forme). La concentration et l'évolution de la silice et des carbonates organiques au cours du Quaternaire constituent la partie forte de l'ouvrage; il faut souligner l'intérêt du canyon du Zaïre, qui remonte (comme le Congo) dans l'estuaire lui-même. Les articles ne font pas mention de turbidites ou de transport en masse. Il semble donc que les suspensions de matériaux fins prédominent, quoique des fonds sableux soient mentionnés. Plusieurs analyses concernant la paléo-océanographie du Quaternaire supérieur-Holocène, devraient cependant inviter les spécialistes à analyser cet ouvrage dont le titre ne paraît pas parfaitement choisi.

Maurice Gennesseaux,
Laboratoire de Géologie dynamique,
Université Pierre-et-Marie-Curie,
4, place Jussieu,
75230 Paris Cedex 05.