



HAL
open science

RELATIONS CARBONE-SOUFRE DANS LES SÉDIMENTS MARINS DE LA RÉGION DE BANYULS-SUR-MER (PYRÉNÉES-ORIENTALES)

Guy Cahet

► **To cite this version:**

Guy Cahet. RELATIONS CARBONE-SOUFRE DANS LES SÉDIMENTS MARINS DE LA RÉGION DE BANYULS-SUR-MER (PYRÉNÉES-ORIENTALES). *Vie et Milieu*, 1971, XXII, pp.39 - 60. hal-02966511

HAL Id: hal-02966511

<https://hal.sorbonne-universite.fr/hal-02966511v1>

Submitted on 14 Oct 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

**RELATIONS CARBONE-SOUFRE
DANS LES SÉDIMENTS MARINS
DE LA RÉGION DE BANYULS-SUR-MER
(PYRÉNÉES-ORIENTALES)**

par Guy CAHET
Laboratoire Arago, 66-Banyuls-sur-Mer

SOMMAIRE

Une étude précédente a mis en évidence d'importantes modifications du soufre dans les sédiments d'une lagune méditerranéenne (Golfe du Lion). Les conséquences d'ordre géochimique et biologique ont été envisagées (CAHET, 1970). Il nous a semblé utile de vérifier l'existence et l'ampleur de tels processus dans certains sédiments marins.

Si l'aspect géochimique du soufre a été fréquemment étudié dans les dépôts marins (BERNER, 1964; JENSEN, 1962; KAPLAN *et coll.*, 1963; VOLKOV, 1961), le côté biologique n'a été évoqué qu'en de rares occasions (SANDKVIST, 1968; TAGA, 1965). Par contre les eaux marines dans lesquelles cet élément joue un rôle essentiel (Mer Noire) ont bénéficié d'une étude approfondie (SOROKIN, 1964).

Nous avons fortement accentué l'angle biologique en milieu lagunaire où les transformations chimiques du soufre sont sous la dépendance étroite de l'activité microbienne : nous en tiendrons compte dans nos résultats. Ces modifications intéressent différentes fractions du soufre selon l'état oxydoréducteur du milieu et prennent naissance avec un apport organique.

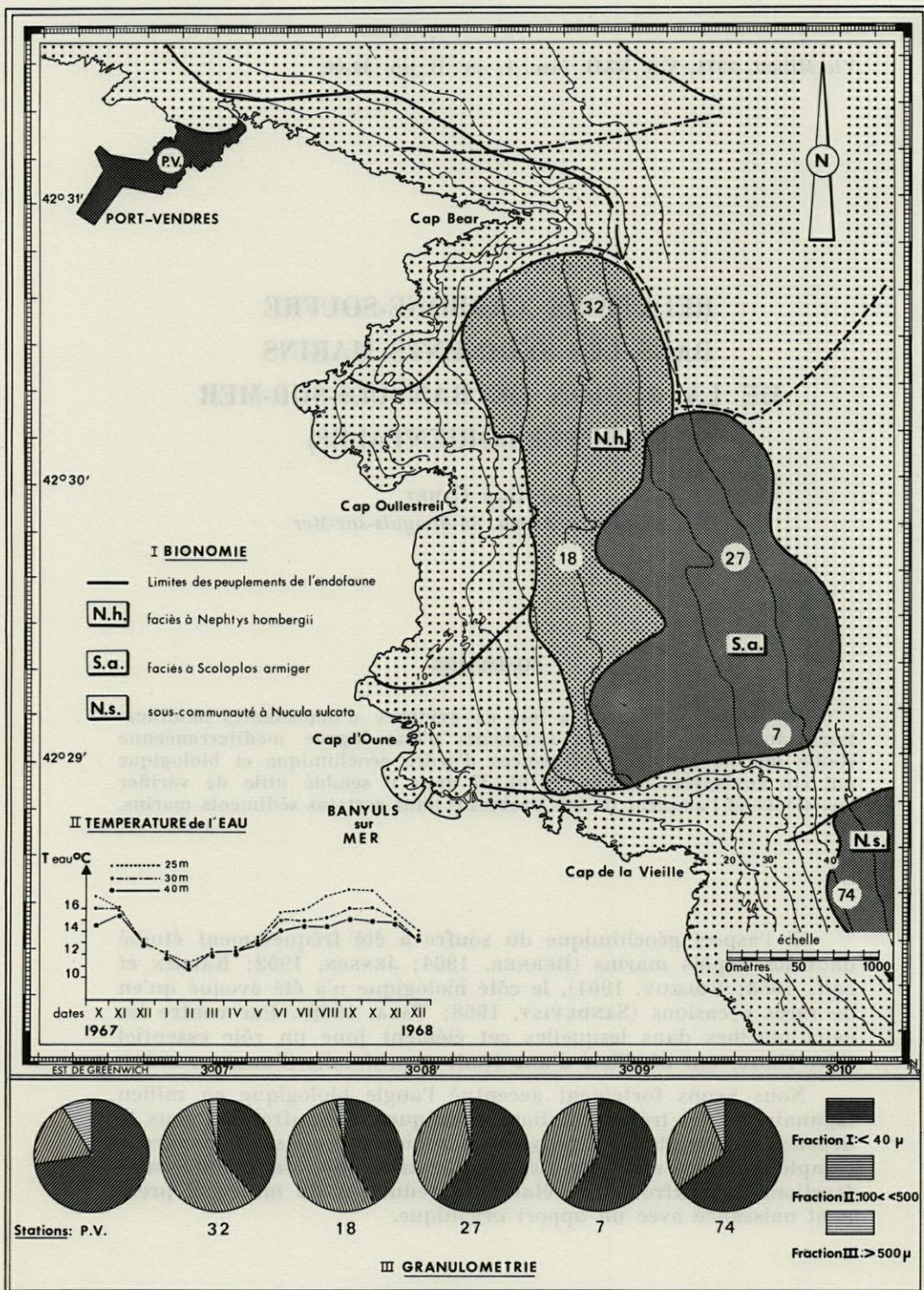


FIG. 1. — Relevé des stations; données thermiques de l'eau; répartition bionomique et granulométrie des sédiments.

Dans les sédiments marins une relation entre les cycles du carbone et du soufre apparaît, qui sera évoquée et suivie dans le temps. Si une telle relation a été mentionnée pour les eaux (SOROKIN, 1970) aucune investigation n'a été entreprise jusqu'à présent en milieu sédimentaire.

Toutefois seule l'évolution des processus thiochimiques en fonction du temps et des milieux sera envisagée.

1. — LOCALISATION ET CARACTÉRISTIQUES DES STATIONS

Des prélèvements de sédiments ont été effectués régulièrement durant la période avril 1967 - janvier 1968 dans la région de Banyuls-sur-Mer. Les carottages ont été faits à l'aide d'un carottier Kullenberg en différentes stations situées sous une colonne d'eau variable (10 à 40 m). Seuls les sédiments superficiels (cinq premiers cm) ont été examinés. Ils sont soumis aux variations de la température voisine du fond.

Nous avons présenté (fig. 1) les variations annuelles de ce paramètre. On notera l'écart de l'ordre de 6° pour les fonds de 20 m et de 4° pour ceux de 35-40 m.

Les températures sont homogènes en automne-hiver et au début du printemps pour toutes les stations. Avec l'installation de la thermocline, une élévation de la température n'est sensible que pour les sédiments moins profonds (0-30 m); son effet se répercute sur les activités biologiques.

Les sédiments ont été choisis en divers points caractéristiques des conditions sédimentologiques et bionomiques locales (GUILLE, 1969). Ils présentent des teneurs en eau notables (de 34 à 45 %) permettant des échanges aisés avec l'eau surnageante.

Les stations 7, 27, 74 appartiennent à l'étage circalittoral dont les dépôts montrent une fraction fine importante (inf. à 40 μ : 60 %). Ce sont des fonds envasés à *Amphiura filiformis* dont le stock faunistique est représenté par des espèces limicoles fousseuses.

Dans cet étage on distingue : — la station 74 (sous-communauté à *Nucula sulcata*) où se rencontrent essentiellement des espèces fousseuses;

— les stations 27 et 7 caractérisées par la dominance de *Scoloplos armiger*; c'est un faciès de vase sableuse qui présente une accumulation de fibres de Posidonies. On y trouve, outre les espèces limicoles dominantes, la possibilité d'une action des détritivores.

Les stations 18 et 32 appartiennent à une zone de transition entre la faune circalittorale limicole et la faune infralittorale sabulicole dans laquelle certaines espèces trouvent des conditions très favorables à leur développement. C'est un faciès sablo-vaseux à *Nephtys hombergii* où la fraction 100-500 μ présente des valeurs supérieures à 50 %.

Les stations choisies se répartissent donc en deux groupes : les premières situées sous la thermocline lorsqu'elle se manifeste, dans une zone où les écarts de température sont faibles et la fraction fine importante; les secondes dans une zone de balayage de la thermocline où les écarts de température sont plus grands, la granulométrie plus grossière.

Comme station de référence où le facteur anthropique est essentiel, nous avons choisi une station située dans la baie étroite de Port-Vendres sous une faible lame d'eau. C'est une vase noire riche en débris organiques et en fraction fine (PV : 70 %).

Ces sédiments ont été régulièrement examinés durant une année; seule une période (février) nous manque par suite d'un incident matériel. C'est la raison pour laquelle certains résultats de la période automne 1968 - hiver 1969 sont présentés.

2. — MATIÈRE ORGANIQUE DES SÉDIMENTS

Ces sédiments renferment des quantités de carbone organique variables, obéissant le plus souvent au facteur granulométrique. C'est la station où un apport plus important est associé à un sédiment fin qui présente une valeur élevée (PV : 1,8 %). Les stations riches en éléments grossiers montrent des valeurs faibles (0,20 à 0,35 %) par rapport aux stations plus riches en limon (0,60 à 0,85 %) (tabl. 1).

Ces valeurs représentent la moyenne de teneurs stables dans les stations profondes, mais fluctuantes dans les dépôts plus près de la côte (en préparation).

Le carbone organique subit à l'intérieur des sédiments diverses modifications. Une étude plus générale du matériel organique en milieu sédimentaire étant en cours nous n'évoquons ici qu'un aspect du problème.

Le carbone dans les sédiments se présente sous diverses formes : particulaire (fibres, etc.), liées (humus, argile, etc.) ou solubles. Dans ces liaisons intervient le degré variable de fixation et un procédé d'extraction est obligatoire avant le dosage des composés carbonés.

La force de ces liaisons délimitera donc des niveaux d'assimilation organique. Or c'est la disponibilité du matériel qui est déterminante pour l'activité hétérotrophe et plus spécialement microbienne.

TABLEAU 1
Caractères physicochimiques des sédiments

Stations	Teneurs moyennes						
	H ₂ O % vase humide	Carbone organique		Soufre			
		Total %	Glucides en extrait hydro- alcoolique γ/g VS	SO ₄ ⁻⁻ μg/g VS	S ⁻⁻ μg/g VS	S ^o μg/g VS	S résiduel μg/g VS
PV	46	1,8	38	1 040	305	98	1 470
18	36	0,55	24	830	49	14	1 090
32	34	0,40	21	810	35	3	390
27	39	0,80	23	735	43	10	1 710
7	38	0,90	30	840	85	24	780
74	42	0,85	27	830	57	6	923

2.1. MÉTHODES D'ÉTUDE.

Il est extrêmement difficile de définir avec précision le caractère assimilable des substances nutritives et de trouver une méthode d'extraction appropriée qui soit universelle.

Toute analyse des substances comprend deux étapes :

- extraction des composés à l'aide d'un réactif,
- dosage des substances, après purification si elle s'avère nécessaire.

On considère généralement que les extractions utilisant des acides, bases, ou oxydants, forts, mettent en évidence le matériel fortement lié. Ces techniques drastiques utilisées en géochimie isolent un matériel qui, s'il est assimilable, le sera à long terme. Par contre, les extractions plus douces du type EtOH 60 ou 80° (à basse température) isolent le matériel facilement disponible et assimilable biologiquement à court terme, soluble ou échangeable (RASTINE et ROUQUEROL, 1968; ROBERT, 1964; GUPTA, 1967).

Une extraction avec EtOH 60 % à 60 °C a été faite sur des quantités déterminées de sédiments. Sur les extraits ainsi obtenus le dosage des sucres a été opéré.

Une purification n'est pas nécessaire et des méthodes colorimétriques ont été préconisées pour doser directement les glucides. La plupart des méthodes demandent l'hydrolyse des composés originaux et la détermination spectrophotométrique des substances carbonées formées par la réaction des sucres simples avec N éthylcarbazole, l'acide p aminohippurique, l'acide phénolsulfurique ou l'anthrone.

Nous nous sommes référé aux résultats de HANDA (1966) qui a comparé les diverses techniques. Celle utilisant l'acide phénolsulfurique est la plus recommandable, rapide et fidèle (pour les sols : SOWDEN et IVARSON cité par GUPTA, 1967). Cette technique de dosage des sucres met en évidence une importante partie des carbohydrates totaux. Elle a été préconisée par DUBOIS *et coll.* (1956).

Protocole expérimental :

L'extrait évaporé à sec sous vide (40 °C) est repris par de l'eau distillée. A chaque ml de l'extrait sont ajoutés 1 ml d'une solution aqueuse de phénol 5 % et 5 ml de H₂SO₄ Merck.

Après quelques minutes, la solution refroidie à la température de la pièce est filtrée et la densité optique de la solution résultante est mesurée en cuve de 1 cc à 485 m μ (Beckman spectrophotomètre). La teneur en sucre type glucose est mesurée d'après une courbe étalon dressée à partir d'une gamme étalon de glucose (10-100 γ /cc).

La couleur brun-jaunâtre obtenue est stable; la température et la durée de la réaction ne montrent pas d'effet sur la coloration, comme c'est le cas pour l'anthrone. Les teneurs sont rapportées au gramme de vase sèche.

2.2. RÉSULTATS.

Les valeurs moyennes sont de l'ordre de 20 à 40 γ /g (tabl. 1). Elles ne représentent donc qu'un très faible pourcentage du carbone total (2 à 5 %); le matériel biologiquement disponible, pour l'activité hétérotrophe globale, est donc faible.

Toutefois l'examen des teneurs en fonction du temps laisse apparaître une périodicité dont la longueur d'onde et l'amplitude sont variables en fonction de la profondeur (fig. 2). Si les périodes d'élaboration de ces composés sont fréquentes pour les dépôts situés sous une faible lame d'eau, elles le sont moins pour les stations plus profondes. Pour ces dernières l'effet de la thermocline est nettement ressenti; il en résulte un plateau dans le relevé des teneurs durant la période d'action de ce paramètre physique.

L'activité physiologique du sédiment sera donc variable, fonction de l'apport extérieur et des phénomènes se déroulant *in situ*.

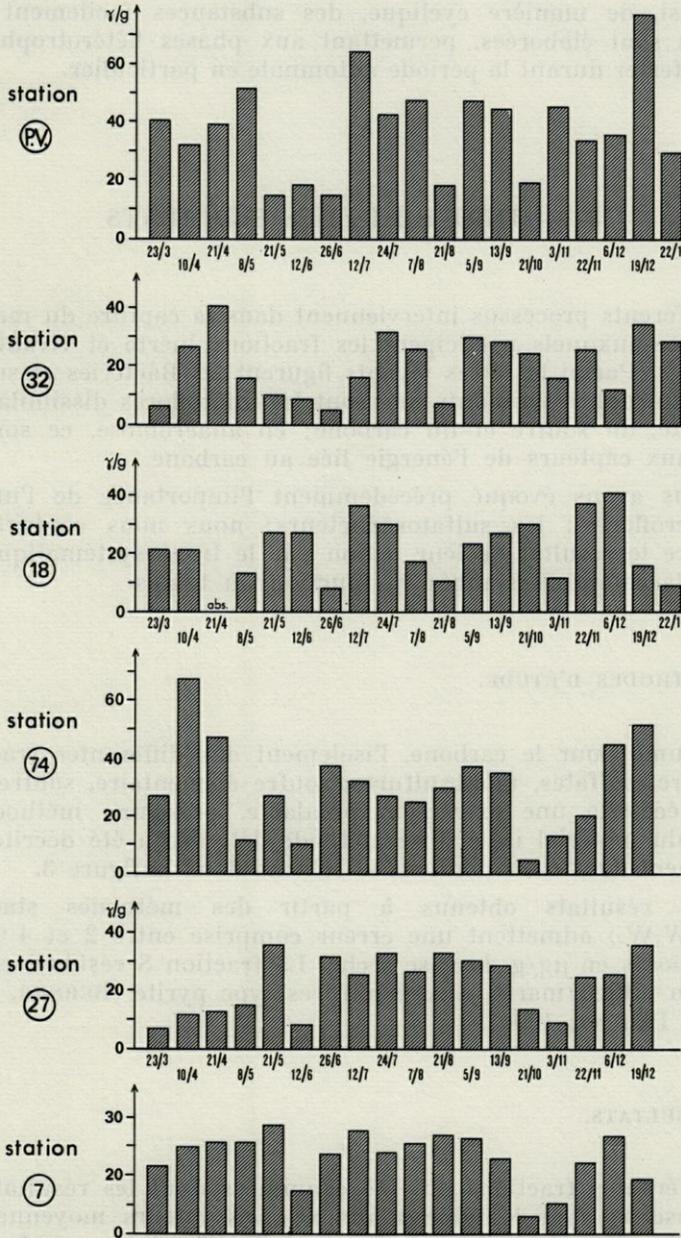


FIG. 2. — Dynamique saisonnière des glucides assimilables.

Ainsi, de manière cyclique, des substances facilement assimilables sont élaborées, permettant aux phases hétérotrophes de se manifester durant la période automnale en particulier.

3. — THIOCHIMIE DES SÉDIMENTS

Différents processus interviennent dans la capture du matériel organique auxquels participent les fractions inerte et vivante des sédiments. Parmi les êtres vivants figurent les Bactéries et surtout les hétérotrophes puissants que sont les microflores dissimilatrices de l'azote, du soufre et du carbone; en anaérobiose, ce sont les principaux capteurs de l'énergie liée au carbone.

Nous avons évoqué précédemment l'importance de l'une de ces microflores : les sulfatoréducteurs; nous nous contenterons de suivre le résultat de leur action par le tracé systématique des différents composés soufrés en fonction du temps.

3.1. MÉTHODES D'ÉTUDE.

Comme pour le carbone, l'isolement des différentes fractions du soufre (sulfates, monosulfures, soufre élémentaire, soufre résiduel) nécessite une extraction préalable, puis une méthode de dosage du matériel isolé. Une méthode détaillée a été décrite précédemment dont nous donnons le schéma dans la figure 3.

Les résultats obtenus à partir des méthodes standard (S.M.E.W.W.) admettent une erreur comprise entre 2 et 4 %. Ils sont exposés en $\mu\text{g/g}$ de vase sèche. La fraction S résiduel correspond, en milieu marin, aux disulfures type pyrite (BERNER, 1964; GONI et PARENT, 1966).

3.2. RÉSULTATS.

Différentes fractions ont été examinées dont les résultats ont été transcrits dans le tableau annexe. Les valeurs moyennes ont été placées dans le tableau 1. On peut lire l'évolution en fonction du temps des formes quantitativement les plus importantes sur la figure 4.

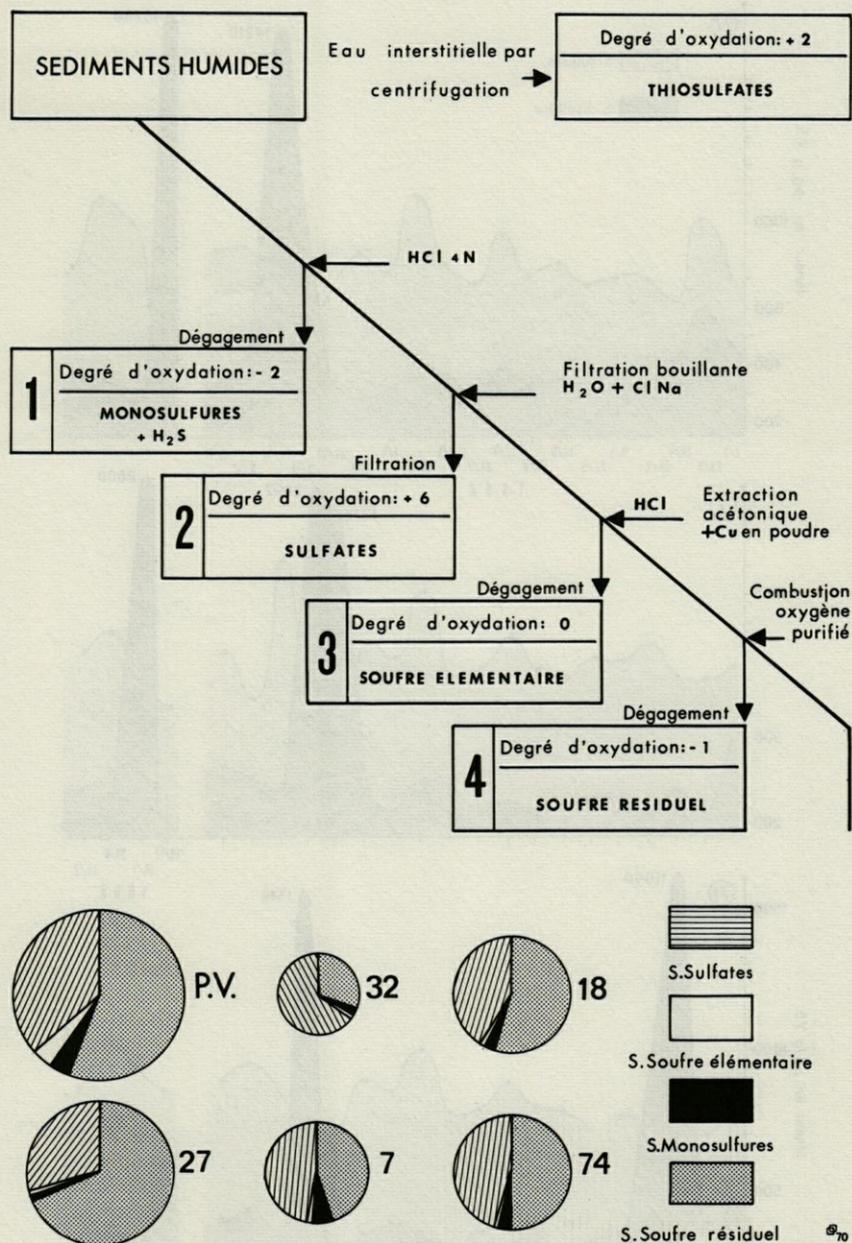


FIG. 3. — Schéma d'isolement et proportions des différentes fractions soufrées.

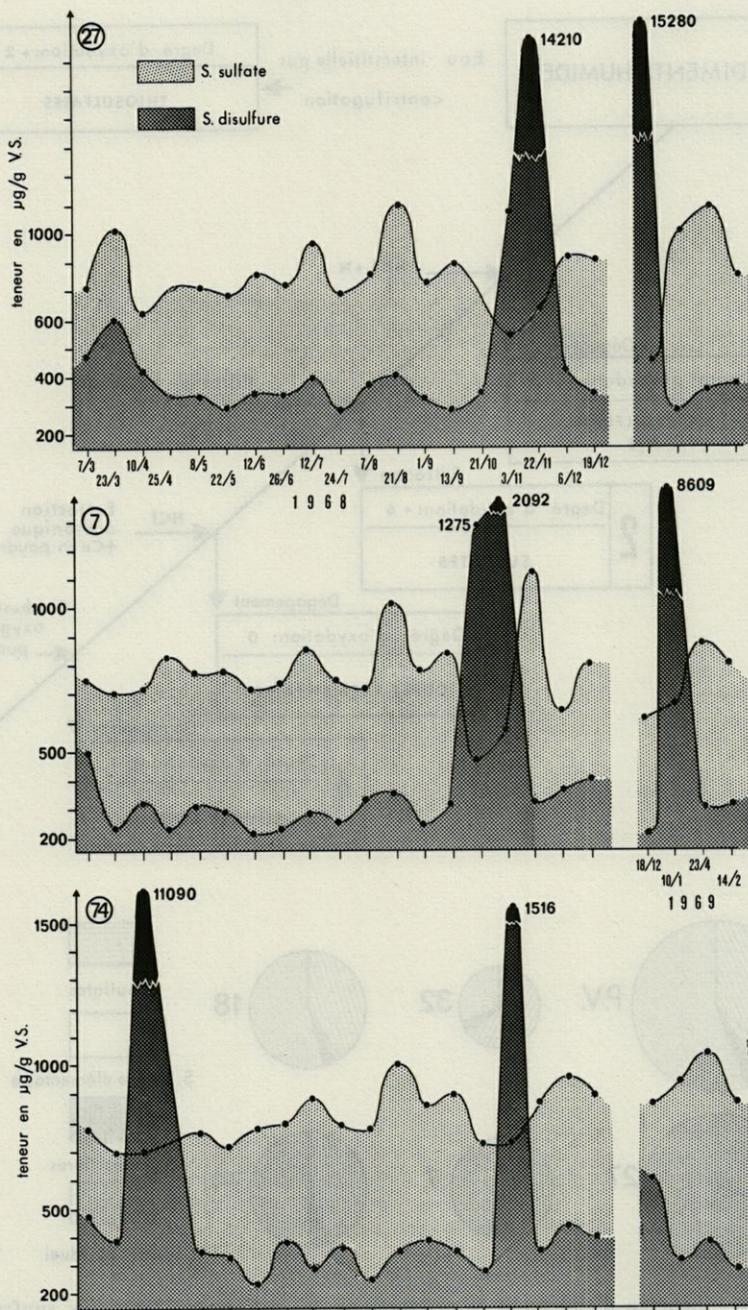


FIG. 4. — Dynamique saisonnière de certaines fractions du soufre (sulfates et disulfures).

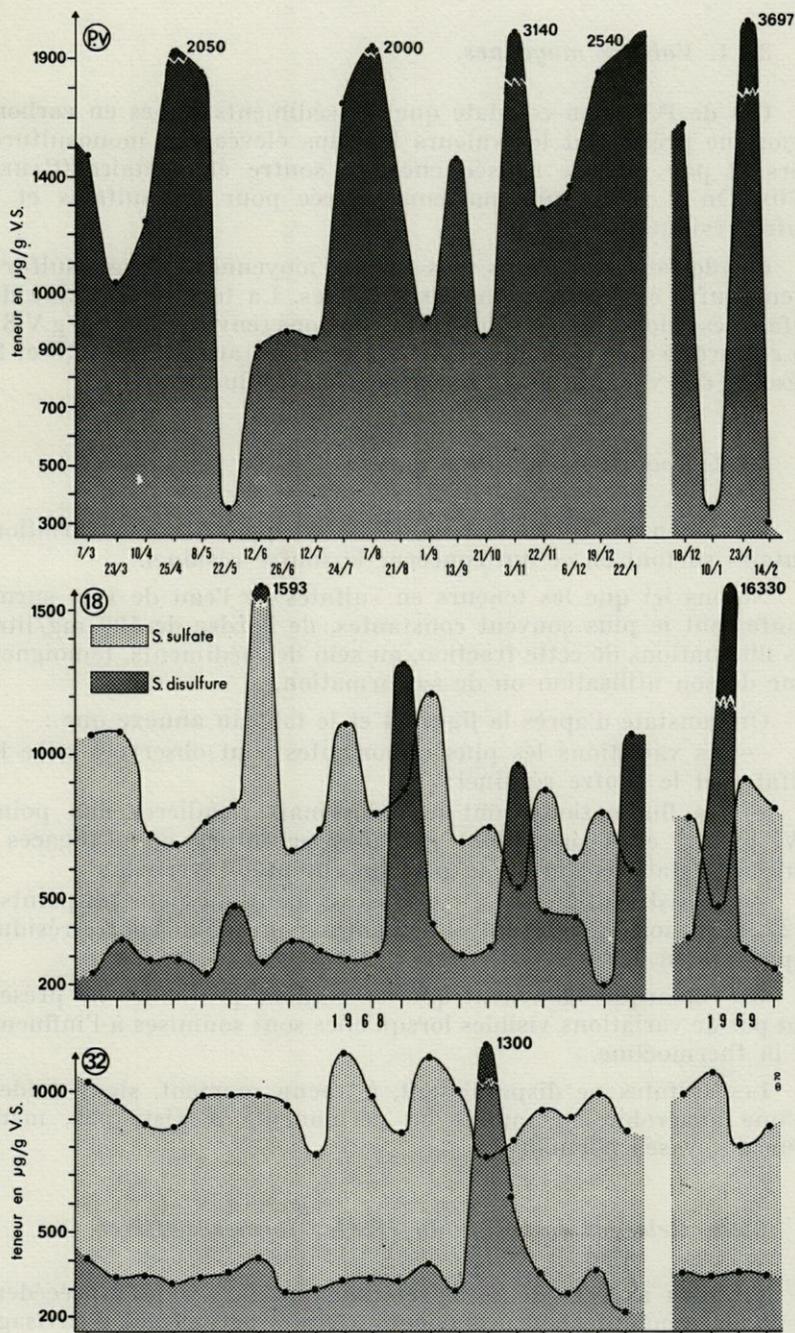


FIG. 4. — Dynamique saisonnière de certaines fractions du soufre (sulfates et disulfures).

3.2.1. Valeurs moyennes.

Cas de P.V. : on constate que les sédiments riches en carbone organique présentent les valeurs les plus élevées en monosulfures noirs et par voie de conséquence en soufre élémentaire (CAHET, 1970). On y relève une moyenne élevée pour les sulfates et le soufre résiduel.

Cas des autres stations : les teneurs moyennes en monosulfures et en soufre élémentaire sont très faibles. La teneur moyenne des sulfates est identique pour toutes les stations (environ 800 $\mu\text{g/g}$ V.S.). On remarque que seule la zone correspondant aux stations 18 et 27 présente des valeurs moyennes de soufre résiduel élevées.

3.2.2. Evolution dans le temps.

L'examen des courbes obtenues laisse apparaître des variations brutales surtout en ce qui concerne le soufre résiduel.

Notons ici que les teneurs en sulfates de l'eau de mer surnageante sont le plus souvent constantes, de l'ordre de 500 mg/litre. Les fluctuations de cette fraction, au sein des sédiments, témoignent donc de son utilisation ou de sa formation.

On constate d'après la figure 4 et le tableau annexe que :

— les variations les plus importantes sont observées avec les sulfates et le soufre résiduel;

— les fluctuations sont notables mais régulières aux points P.V. et 18; elles présentent des pics accentués mais fugaces à toutes les stations durant la période automno-hivernale;

— la distribution dans le temps est identique pour les points 7 et 27, la station 74 différant seulement par un pic de soufre résiduel important en 10/4.

On remarque également que les stations profondes ne présentent pas de variations visibles lorsqu'elles sont soumises à l'influence de la thermocline.

Les sulfates ne disparaissent, à aucun moment, signe évident qu'une anaérobiose complète ou permanente n'existe pas, même pour des vases portuaires.

3.2.3. Relation entre les différentes formes soufrées.

Certains aspects de cette relation ont été évoqués précédemment. Ils se manifestent à plusieurs niveaux permettant d'envisager

le cycle complet et du soufre :

- passage sulfates-monosulfures (1),
- passage monosulfures-disulfures (2),
- passage disulfures-sulfates (3).

Les deux premiers correspondent à un enrichissement en matériel réduit et le troisième à son oxydation complète.

Le cas type représenté par les deux passages 1 et 2 n'est remarqué que dans les sédiments de Port-Vendres. Le plus souvent le passage direct est relevé, avec une chute brutale des sulfates correspondant à une élaboration importante de disulfures. L'observation est fréquente durant la période automnale à toutes les stations (fig. 4).

Les sédiments étudiés, pauvres en matière organique, ont un caractère oxydant marqué et les monosulfures labiles sont rapidement oxydés et transformés en disulfures par des voies chimiques ou biologiques.

Périodiquement le transfert disulfures-sulfates est remarqué à P.V. et en 18 (22/5, 12/6 et 21/8 - 5/9). Aux stations profondes, ce deuxième transfert n'est caractérisé que par une faible augmentation des sulfates.

DISCUSSION.

Dans ces dépôts marins, seule l'apparition de certaines quantités de disulfures ou de sulfates est le témoignage des remaniements intenses du soufre. Les dates de prélèvements relativement rapprochées n'ont pas toujours permis de suivre parfaitement le phénomène.

Le processus de transfert au niveau (1) est d'autant plus fugitif que le sédiment est plus oxydant. Selon les conditions, le matériel monosulfuré (degré oxyd. : — 2) fragile est conservé ou non; le plus souvent il subit une oxydation rapide, chimique et biologique. Il est transformé et accumulé sous une forme plus stable = disulfures (niveau 2) de sorte que le passage direct sulfates-disulfures est souvent observé.

A nouveau, par des processus chimiobiologiques, les composés disulfurés seront transformés en sulfate néoformé (niveau 3). La brève apparition du soufre pyritique témoigne de la forte demande et de l'utilisation rapide du matériel.

Cette remarque peut être faite à toutes les stations mais, selon le moment de la mesure, la fraction thiochimique intéressée se situe au niveau du deuxième ou du troisième transfert.

On note immédiatement que les sédiments placés sous une faible lame d'eau (P.V., 18) présentent plus souvent et plus intensément ces processus de transfert. Toutefois, ils sont généralisés durant la période automno-hivernale.

La transformation des disulfures peut avoir lieu par voie chimique et biologique. Dans ce dernier cas, une conséquence immédiate de cette oxydation au niveau 3 est l'élaboration d'un matériel carboné, équivalent à une production secondaire chemosynthétique au sein des sédiments.

Etant donné l'importance et la rapidité des variations enregistrées, des essais sont actuellement en cours pour évaluer la quantité de matière carbonée élaborée. Dès à présent, on peut penser qu'aux stations P.V. et 18, la production sera nettement plus marquée qu'aux autres stations.

On trouve ici une explication de l'observation faite par TAGA et SEKI (1965) sur la présence d'une microflore autotrophe facultative du soufre parfois abondante.

Si le rôle du soufre est négligeable dans les eaux bien oxygénées, l'étude de son cycle doit nécessairement être approfondie dans la plupart des sédiments oxydants ou réducteurs.

Cet élément subit de profonds remaniements avant son incorporation géochimique et son étude est essentielle pour comprendre l'évolution de l'écosystème sédimentaire.

En utilisant les formes réduites du soufre comme support énergétique, certaines microflores restituent des conditions favorables à l'installation ou au développement de toutes formes de vie.

Les quantités de matière engagée et la périodicité des processus détermineront l'importance du carbone néoformé fourni au système.

4. -- CONCLUSION

Relations carbone-soufre dans les sédiments

La juxtaposition pour les stations les plus représentatives des apports organiques et des spectres de transformation du soufre indique souvent une succession dans le temps des pics de carbone et de soufre (fig. 5). Le matériel organique disponible et assimilable, autochtone ou allochtone, permettra l'élaboration de monosulfures dont on ne décèle que des traces. La majeure partie du soufre transformé est en effet retrouvée au niveau des disulfures (St. 18 : 21/8, 3/11, 22/1), quelquefois au niveau des sulfates (St. 18 : 12/6, 24/7, 5/9).

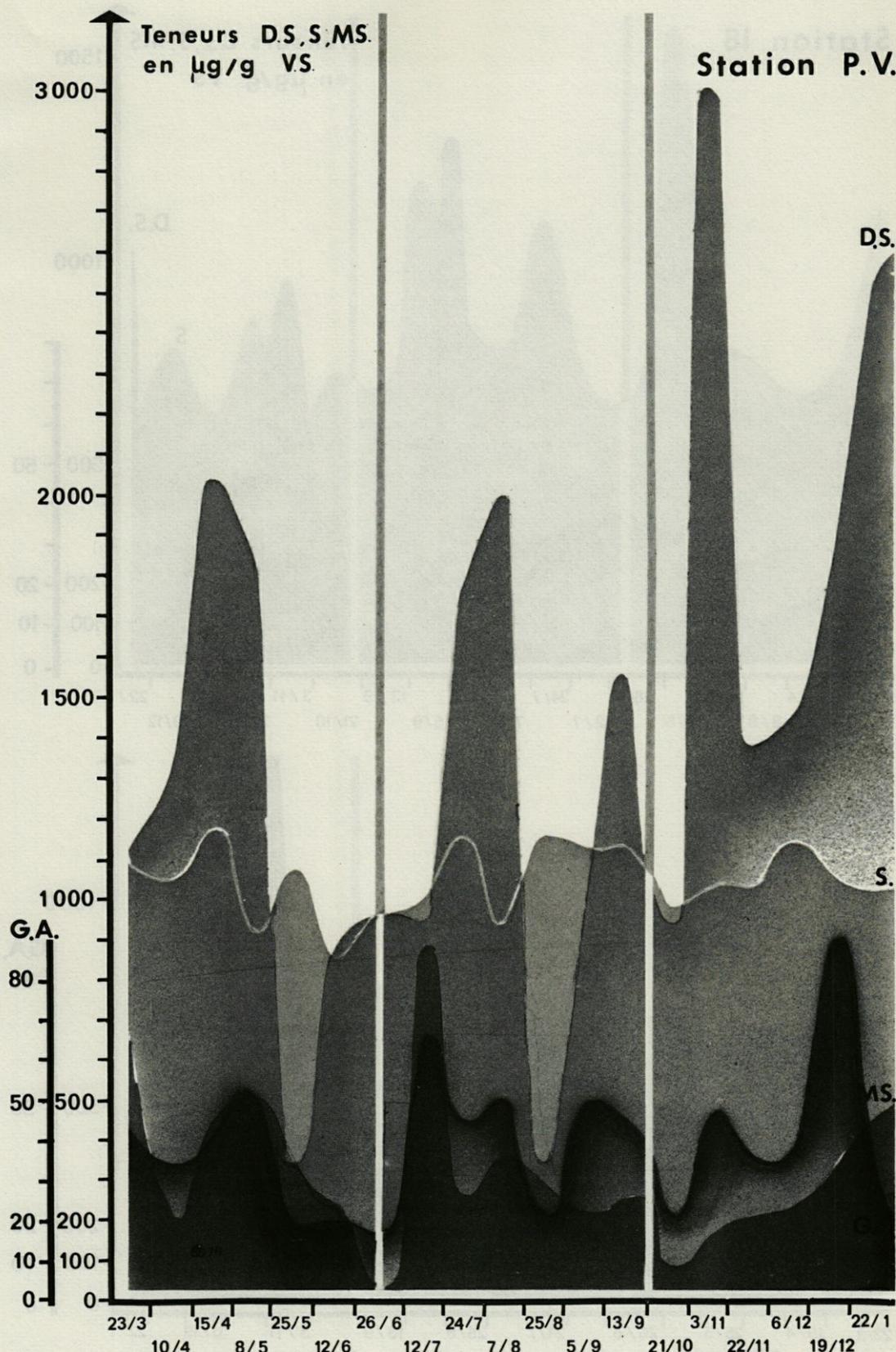
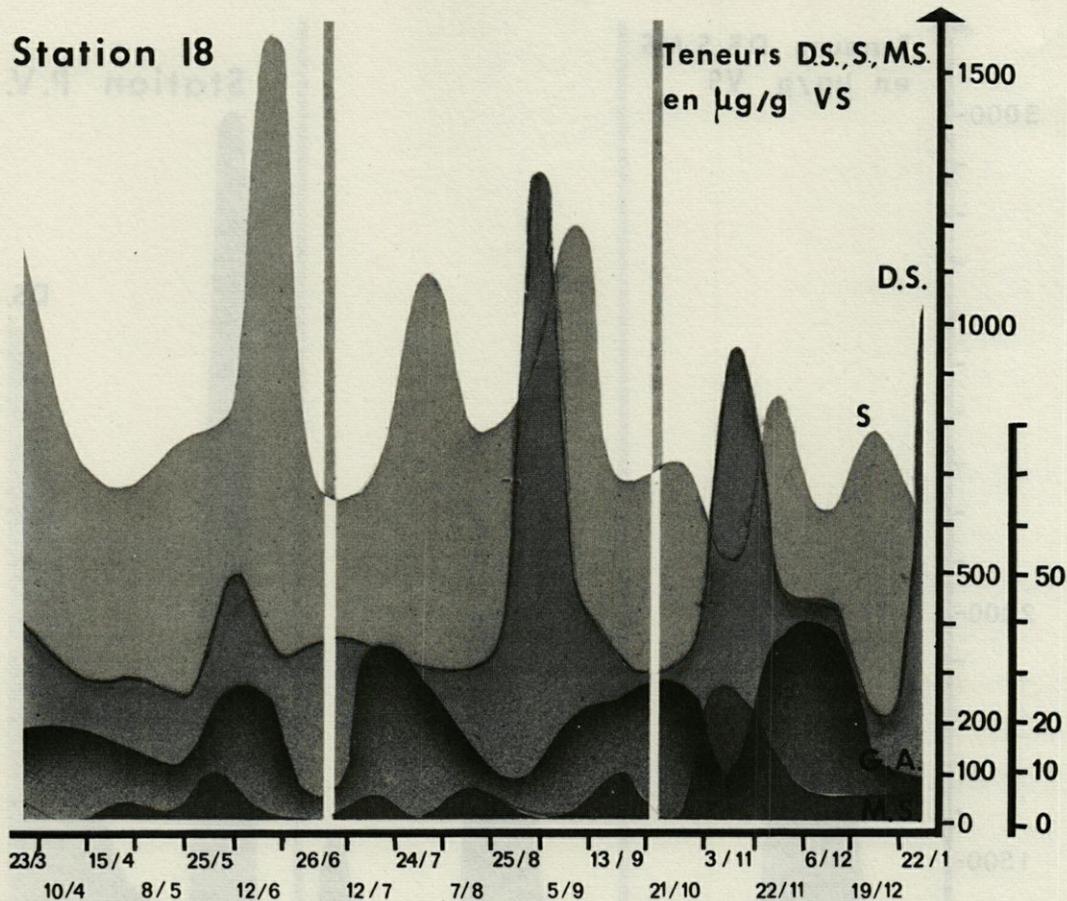


Fig. 5. — Relation entre le carbone et le soufre des stations PV-18-27.
D.S. : disulfures, S : sulfates, M.S. : monosulfures en $\mu\text{g/g}$ V.S. et G.A. glucides assimilables en γ / V.S.

Station 18



Station 27

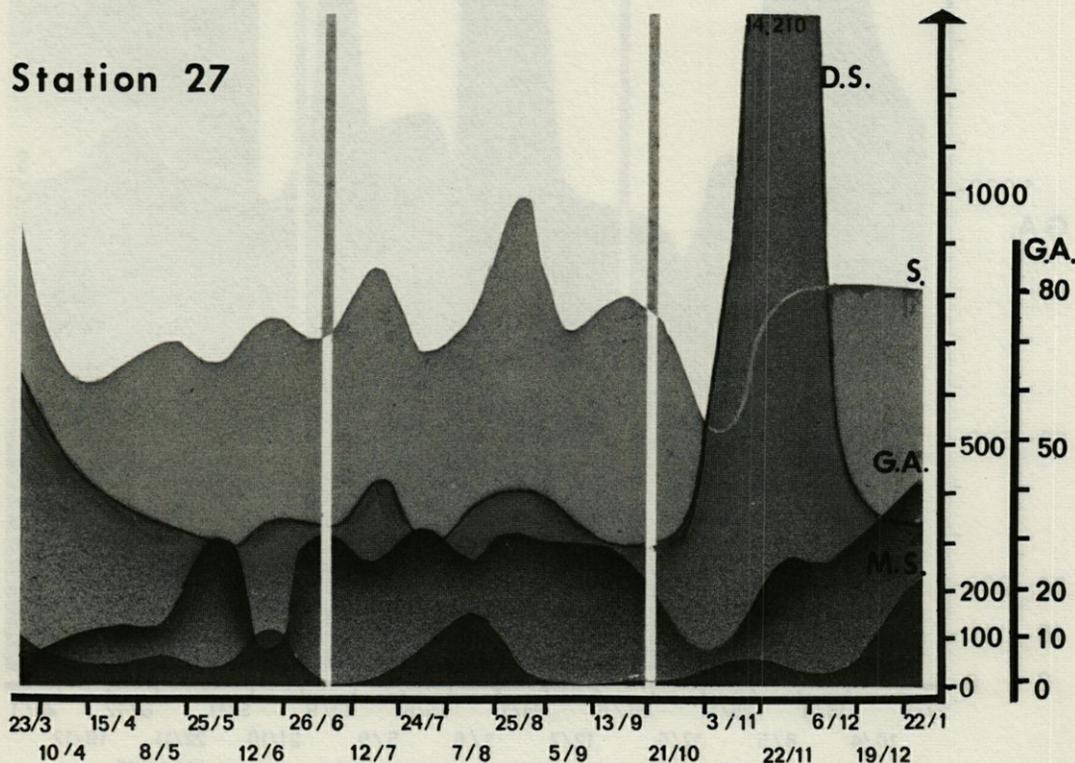


FIG. 5. — Relation entre le carbone et le soufre des stations PV-18-27.
D.S. : disulfures, S : sulfates, M.S. : monosulfures en $\mu\text{g/g}$ V.S. et G.A. glucides assimilables en γ/g V.S.

Un passage séquentiel a donc lieu dans les dépôts entre le carbone et le soufre au niveau énergétique. Toutefois, il n'y a pas de commune mesure entre les quantités de carbone et celles de soufre élaboré et transformé.

En effet, le matériel carboné mis en évidence ici représente, comme les monosulfures, un stade transitoire, passage du carbone lié au soufre lié.

A tout moment, des quantités importantes sont mises en jeu que les techniques de vitesse d'assimilation permettraient de chiffrer avec plus d'exactitude. Un certain reflet de ce passage apparaît ici dans les quantités de soufre pyritique élaborées.

Si ce matériel disulfuré est fréquemment renouvelé en milieu lagunaire, il est moins abondant et plus rare en milieu marin, mais atteint des valeurs élevées en quelques occasions. Ceci rend obligatoire une investigation à différentes périodes de l'année pour toute étude biogéochimique en dépôts peu profonds. En milieu sédimentaire marin, si une valeur de carbone peut caractériser un sédiment, il n'en est pas de même pour le soufre. Dans des sédiments très oxydés et à des profondeurs assez importantes (40 m) des variations sont encore enregistrées, souvent intenses, avant l'intégration géologique du soufre. Les aires de transformation biogéochimiques de cet élément, importantes en milieu saumâtre, s'étendent donc au domaine marin.

La reprise de l'énergie accumulée provisoirement sous forme minérale (mono- et disulfures) se fait très rapidement. Sa fréquence et son intensité détermineront une production secondaire variable selon les dépôts.

Le carbone organique néoformé dans les sédiments lors des processus successifs de réduction et d'oxydation ne paraît pas perdu pour le système. Ainsi durant la période automno-hivernale il pourrait être transféré successivement ou indifféremment aux divers niveaux trophiques méiobenthique ou macrobenthique, voire même larvaire.

Il serait ainsi utilisé dans l'approvisionnement nutritif des faunes dont la maturation génitale, puis la ponte, ont lieu pendant ou après cette période.

RÉSUMÉ

Dans l'étude des transformations du soufre en milieu sédimentaire, certains dépôts marins peu profonds (Banyuls-sur-Mer) sont étudiés.

Deux processus de transfert ont été observés :

— un transfert énergétique entre le carbone et le soufre, entre les périodes d'apparition d'un matériel facilement assimilable et son utilisation dans l'élaboration des formes réduites du soufre (mono- et disulfures). Par opposition aux sédiments lagunaires le stade monosulfure est souvent absent; en effet les sédiments étudiés sont fortement oxydants;

— un transfert au niveau du soufre par formation puis disparition de quantités très importantes de disulfures. L'évolution est parfois si rapide que seul le composé d'oxydation ultime (les sulfates) est décelé.

Dans le cas d'oxydation biologique cette transformation aboutit à la néoformation d'un matériel carboné (étude en cours).

SUMMARY

In the study about the transformation of sulfur in sediments, some shallow marine deposits (Banyuls/Mer region) are studied.

Two transfer process are observed :

— an energetic transfer appeared between carbon and sulfur, between the appearance of an easily available material and the elaboration of reduced sulfur compounds (mono- and disulfides). In opposition to the lagoon sediments, the monosulfide state is often missing because the sediments are very oxidative;

— a transfer between different forms of sulfur = the evolution then disappearing of very important amounts of disulfides. The process is so fast that only the ultimate oxidation product (sulfats) are some times found.

In case of biogenic oxidation, this transformation results in the neoformation of a carbon material (paper in preparation).

ZUSAMMENFASSUNG

Die Umsetzung des Schwefels im Sediment in geringer Meerestiefe (Banyuls-sur-Mer) wurde untersucht.

Zwei Umsetzungsprozesse wurden beobachtet :

— Eine Energieübertragung zwischen Kohlenstoff und Schwefel, zwischen Perioden mit leicht assimilierbarem Material

und seinem Verbrauch zur Bildung reduzierten Schwefels (Mono- und Disulfur). Im Gegensatz zu den lagunären Sedimenten fehlt häufig das Monosulfur-Stadium : die untersuchten Sedimente sind stark oxidierend.

— Eine Umsetzung des Schwefels durch Bildung und anschließendes Verschwinden grosser Disulfur-Mengen. Die Entwicklung ist zuweilen so schnell, dass nur die letzte Oxydationskomponente (Sulfate) festgestellt werden kann.

Im Fall der biologischen Oxidation führt diese Umsetzung zur Neubildung von kohlenstoffhaltigem Material (laufende Untersuchungen).

BIBLIOGRAPHIE

- BERNER, R.A., 1964. Distribution and diagenesis in some sediments from the Gulf of California. *Mar. Geol.*, **1** (2) : 117-140.
- CAHET, G., 1970. Aspects chémotrophiques en sédiments lagunaires. Cas du soufre. *Vie Milieu*, **21** (1 B) : 1-36.
- DUBOIS, M., K.A. GILLES, J.K. HAMILTON, P.A. REBERS & F. SMITH, 1956. Colorimetric method for the determination of sugars and related substances. *Analyt. Chem.*, **28** (3) : 350-356.
- GONI, J. et C. PARENT, 1966. Etude géochimique d'une tranche de sédiments fins actuels (Baie de la Vilaine). Méthodologie, paléosalinité et diagenèse. *Bull. Bur. Rech. Géol. Minières, Paris*, **5** : 19-62.
- GUILLE, A., 1970. Bionomie benthique du plateau continental de la côte catalane française, II. Les communautés de la macrofaune. *Vie Milieu*, **21** (1 B) : 149-280.
- GUPTA, U.C., 1967. Carbohydrates. In *Soil Biochemistry*, Mc Laren, A.D. et G.H. Peterson édit., M. Dekker publ., 91-118.
- HANDA, N., 1966. Examination on the applicability of the phenol sulfuric acid method to the determination of dissolved carbohydrate in sea water. *J. oceanogr. Soc. Jap.*, **22** (3) : 79-86.
- JENSEN, M.L., 1962. Biogeochemistry of sulfur isotopes. Jensen Ed., *Proc. Nat. Sci. Found. Symp.*, 193 p.
- KAPLAN, I.R., K.O. EMERY & S.C. RITTENBERG, 1963. The distribution and isotopic abundance of sulfur in recent marine sediments off Southern California. *Geochim. cosmochim. Acta*, **27** : 297-332.
- RASTINE, S. et T. ROUQUEROL, 1968. Sur les variations des glucides libres dans les terres de rizières. *Annls Inst. Pasteur, Paris*, **115** (4) : 755-765.
- ROBERT, M., 1964. Etude biologique des sols au cours de l'épreuve d'incubation. II. Glucides libres. *Annls Inst. Pasteur, Paris*, **106** (5) : 801-806.
- SANDKVIST, A., 1968. Microbiological investigation of modern dutch tidal sediment. *Stockh. Contr. Geol.*, **15** : 67-113.
- SOROKIN, Yu. I., 1964. On the primary production and bacterial activities in the Black Sea. *J. Cons. perm. int. Explor. Mer.*, **29** : 41-60.

- SOROKIN, Yu. I., 1970. Interrelations between sulphur and carbon turnover in meromictic lakes. *Arch. Hydrobiol.*, **66** (4) : 391-446.
- S.M.E.W.W., 1965. Standard methods for the examination of water and waste-water including bottom sediments and sludges. A.P.H.A., A.W.W.A., W.P.C.F., 626 p.
- TAGA, N. & H. SEKI, 1965. Preliminary bacteriological analysis of marine sediment core collected from the abyssal region of the Pacific Ocean. *Bull. natn. Sci. Mus. Tokyo*, **8** (2) : 179-183.
- VOLKOV, I.I., 1961. En russe. Sur les régularités de formation et de transformation des combinaisons du soufre dans les sédiments de la Mer Noire. *Sovrem. osadki Morei i Okeanov. Sb.* : 577-596.

Reçu le 29 octobre 1970.

TABLEAU ANNEXE

Valeurs numériques des différentes formes du soufre dans les sédiments
de la région de Banyuls-sur-Mer (Pyr.-Or.)
(en µg par gramme de vase sèche).

Stations		1967																	1968		1969				
		7/3	23/3	10/4	25/4	8/5	22/5	12/6	26/6	12/7	24/7	7/8	25/8	5/9	13/9	21/10	3/11	22/11	6/12	19/12	22/1	18/12	10/1	23/1	14/2
74	S.SO ₄	800	720	718		779	729	4787	806	886	800	789	1005	870	900	731	730	866		894		856	935	1031	859
	S.SH ₂	48	67	44		89	60	0	70	0	45	0	14	28	0	0	126	144		103		310	0	33	69
	S.S ⁰	0	10	92		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		30		0	0	0	0
	S.Srés.	406	394	11090		353	326	235	381	290	371	248	354	386	347	284	1576	348		400		615	322	381	286
7	S.SO ₄	843	796	796	921	865	872	795	825	940	834	802	1096	858	920	558	645	1208	716	884		685	738	947	882
	S.SH ₂	0	91	113	55	48	24	63	109	0	0	51	77	0	0	102	11	28	56	215		416	457	45	0
	S.S ⁰	0	0	75	0	0	0	0	36	90	0	0	0	0	124	118	11	0	45	27		0	0	0	0
	S.Srés.	488	224	306	219	441	316	200	219	267	237	318	338	233	304	1275	2092	305	355	397		191	8609	276	300
27	S.SO ₄	340	908	614		701	670	747	710	850	679	746	991	717	787	669	534	774	815	808		449	933	990	747
	S.SH ₂	42	80	46		50	43	108	0	13	68	138	29	0	0	0	24	26	0	72		130	0	0	73
	S.S ⁰	0	89	0		0	0	0	0	101	0	0	0	0	0	0	00	0	0	24		0	0	0	0
	S.Srés.	484	611	431		343	300	350	336	430	295	378	412	331	294	350	977	14210	431	353		15280	291	364	384
18	S.SO ₄	1070	1078	719	687	763	821	1593	666	744	1110	799	862	1230	680	732	530	866	625	776	580	759	450	894	793
	S.SH ₂	67	45	0	36	23	95	11	0	48	0	63	24	14	98	0	275	72	46	55	54	0	104	0	60
	S.S ⁰	0	0	0	0	0	22	24	0	0	0	0	0	0	0	0	29	22	23	0	0	0	118	95	0
	S.Srés.	240	364	292	290	241	470	278	355	316	292	298	1322	413	308	331	951	454	426	197	1067	357	16330	317	248
32	S.SO ₄	909	841	763	760	860	858	862	820	650	992	846	723	981	871	629	686	799	766	855	723	839	921	662	731
	S.SH ₂	69	23	45	0	21	47	0	0	0	0	55	55	47	98	34	30	58	0	58	32	90	0	0	67
	S.S ⁰	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	S.Srés.	409	340	350	322	345	364	412	288	296	330	338	331	391	286	1300	615	345	282	358	213	348	343	350	338
PV.	S.SO ₄	935	1088	1064	1376	931	1083	862	971	1007	1162	943	1170	1143	1142	989	1040	1045	1046	1067	1038	1019	803	1072	858
	S.SH ₂	522	594	190	473	512	307	239	32	890	257	355	277	218	246	78	172	209	228	336	464	0	0	287	439
	S.S ⁰	81	11	111	261	0	32	134	404	90	123	178	0	87	138	31	141	75	45	0	144	132	0	136	0
	S.Srés.	1576	1143	1352	2059	1869	350	909	962	944	1764	2000	351	1020	1565	951	3139	1381	1475	1869	2536	1691	355	3697	3100