



**HAL**  
open science

**FRAGMENTATION ET DISSOLUTION DES  
FRUSTULES DE DIATOMÉES : MÉTHODES DE  
COMPTAGE POUR APPRÉCIER L'ÉTAT DE  
CONSERVATION DES ASSEMBLAGES FOSSILES  
(SYNTHÈSE DE TABLE RONDE)**

F. Straub, C. Cornet

► **To cite this version:**

F. Straub, C. Cornet. FRAGMENTATION ET DISSOLUTION DES FRUSTULES DE DIATOMÉES : MÉTHODES DE COMPTAGE POUR APPRÉCIER L'ÉTAT DE CONSERVATION DES ASSEMBLAGES FOSSILES (SYNTHÈSE DE TABLE RONDE). *Vie et Milieu / Life & Environment*, 1995, pp.327-335. hal-03052779

**HAL Id: hal-03052779**

<https://hal.sorbonne-universite.fr/hal-03052779v1>

Submitted on 10 Dec 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.

# FRAGMENTATION ET DISSOLUTION DES FRUSTULES DE DIATOMÉES : MÉTHODES DE COMPTAGE POUR APPRÉCIER L'ÉTAT DE CONSERVATION DES ASSEMBLAGES FOSSILES (SYNTHÈSE DE TABLE RONDE)

*Breakage and dissolution of diatom frustules : counting methods  
to estimate the conservation state of fossil assemblages  
(Workshop)*

**F. STRAUB<sup>1</sup> ET C. CORNET<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Laboratoire d'algologie, Gymnase cantonal, CH-2300 La Chaux-de-Fonds, Suisse

<sup>2</sup>Facultés universitaires, Département de géologie, 61 rue de Bruxelles, B-5000 Namur, Belgique

ALGUES  
BACILLARIOPHYCEAE  
DISSOLUTION  
FRAGMENTATION  
MÉTHODES  
PALÉOÉCOLOGIE  
ÉCOLOGIE  
HYDROLOGIE  
SÉDIMENTATION  
TAPHONOMIE

**RÉSUMÉ** – Au cours d'une table ronde, les méthodes utilisées pour rendre compte de l'état de conservation des assemblages de Diatomées ont été comparées. Certaines de ces méthodes et leurs objectifs sont présentés succinctement. Vu la variété des démarches et des objectifs, mais aussi le manque de résultats comparables, les auteurs renoncent pour l'instant, à proposer une méthode standardisée.

ALGAE  
BACILLARIOPHYCEAE  
DISSOLUTION  
BREAKAGE  
METHODS  
PALAEOECOLOGY  
ECOLOGY  
HYDROLOGY  
SEDIMENTATION  
TAPHONOMY

**ABSTRACT** – Methods used to measure the conservation state of diatoms assemblages have been compared during a workshop. Some methods and their aims are discussed briefly. A standardized method is not proposed, because the approaches and the aims of the research workers are too different one to another, and because no comparable results are available for instance.

## AVANT PROPOS

Les réflexions et les propositions qui composent cet article proviennent d'une table ronde et de discussions diverses, auxquelles ont été invités les participants du 13e colloque de l'ADLaF. Cette table ronde avait été annoncée dans la feuille de contact de notre association (*Diatomania* 4), pour inciter les participants à présenter des matériaux destinés à enrichir la discussion. Avant le colloque, le premier auteur a reçu plusieurs contributions au problème de l'état de conservation des frustules de Diatomées de la part de J.-J. Pichon (Bordeaux), J.-Cl. Druart (Thonon-les-Bains) et de R.J. Flower (Londres). La plupart de ces contributions n'entrent pas directement dans le thème méthodologique re-

tenu pour la table-ronde, mais constituent d'autres approches complémentaires. Ces contributions originales sont présentées dans l'introduction pour clarifier les différents aspects de l'étude de l'état de conservation des Diatomées, pour mettre en évidence les intérêts latents que peuvent en attendre la paléocéologie et la néoécologie et pour mieux dégager les propos développés pendant la table ronde. Les matériaux présentés à cette occasion proviennent surtout des recherches des deux auteurs, qui ont tenté de présenter leur pratique personnelle, de mettre en évidence les procédures comparables et de cerner les approches non conciliables qui tentent d'atteindre des objectifs différents. La table ronde a été suivie par une majorité des participants au colloque. Un petit groupe de discussion composé des deux auteurs, de K. Serieyssel et de J.-Cl. Druart, s'est réuni pour examiner en détail les propositions.

## INTRODUCTION

Deux axes méthodologiques principaux peuvent être dégagés de l'intérêt porté par les paléocéologues à la fragmentation et à la dissolution des frustules de Diatomées. Ces deux directions peuvent être caractérisées par deux objectifs complémentaires : (1) tenir compte de l'état partiel de conservation des assemblages pour préciser les estimations quantitatives de populations et par ce biais rendre plus réalistes les reconstitutions paléocéologiques et (2) rendre compte de l'état de conservation pour exploiter cette donnée en terme de reconstitution paléocéologiques, au même titre que les autres qualités des assemblages fossiles. C'est dans cette seconde direction que le thème était défini et que l'essentiel du présent compte-rendu se situe.

Dans la première direction (1) plusieurs démarches complémentaires existent, qui concernent soit la dissolution ou la fragmentation. Parfois les deux processus sont confondus. Rarement ces deux aspects de l'état de conservation des restes de Diatomées, sont relevées séparément. C. Cornet présenta la méthode de Schrader et Gersonde 1978 (Fig. 1) qui consiste à tenir compte des fragments de Diatomées dans les dénombrements. Certains fragments sont retenus pendant le comptage et d'autres sont ignorés, pour tenter de ne pas sous-estimer les taxons fragiles (si les fragments ne sont pas dénombrés avec les valves entières) ou les sur-estimer (éviter de compter plusieurs fois le même frustule à travers ses différents fragments). Quelques auteurs indiquent dans leurs méthodes qu'ils tiennent compte, d'une manière ou d'une autre, des fragments dans leurs dénombrements (p.ex. Battarbee 1978, 1986, Cornet 1986, Schuette et Schrader 1979, Straub 1990, 1993). Par contre dans la plupart des cas, rien n'est dit à propos des fragments. Rien ne permet de savoir si les auteurs intègrent certains fragments à leurs comptages ou les laissent de côté, délibérément ou pour une raison particulière.

Dans les contributions de Pichon *et al.* 1992a et b, Barker *et al.* 1994), comme pour Shemesh *et al.* 1989 ou Barker 1992, le problème consiste à estimer quantitativement la part perdue des populations, dissoute en cours de sédimentation. Cela revient à quantifier le défaut de représentativité (Mikkelsen 1979) entre la population originelle et l'assemblage fossile (processus taphonomiques). Cette estimation se base sur des expériences de dissolution (Mikkelsen 1980) à l'aide d'échantillons fossiles ou d'échantillons actuels qui visent à assigner aux taxons des indices de potentiel de conservation (Denys 1991). Ces indices sont utilisés pour pondérer les fréquences relatives de taxons trouvés dans les assemblages fossiles et permettent ainsi de développer des reconstitutions

paléocéologiques plus réalistes (en particulier lorsque des fonctions de transfert sont utilisées pour reconstituer des paramètres écologiques particuliers, comme la température, le pH ou le taux de phosphore total).

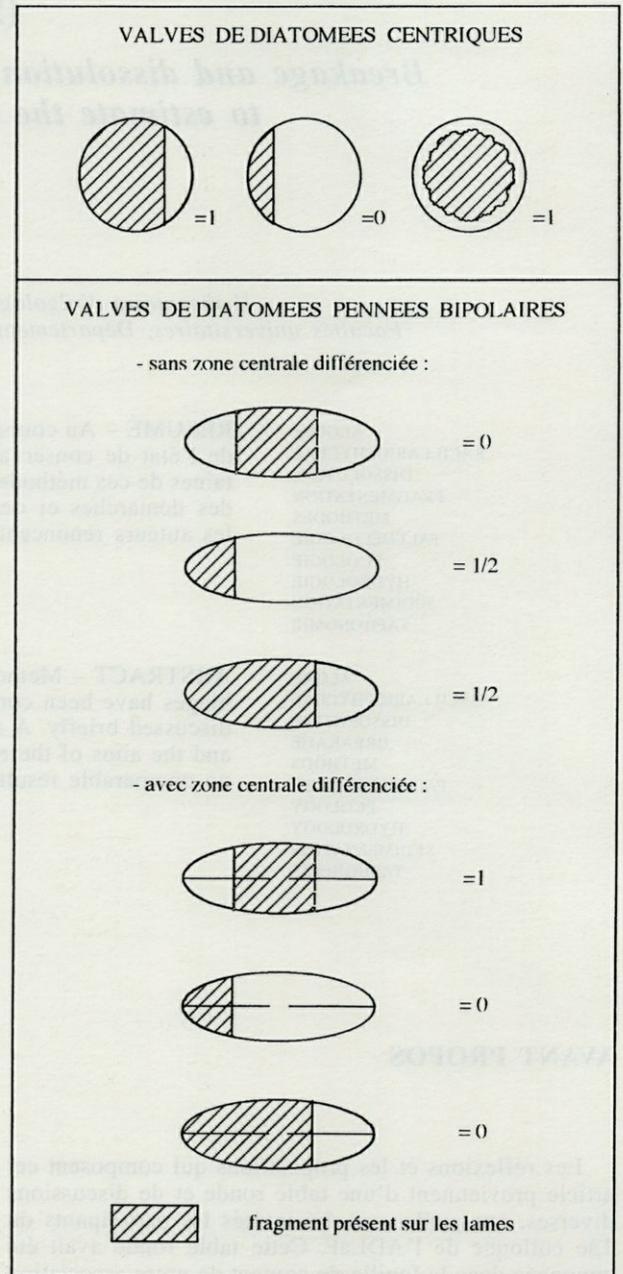


Fig. 1. - Unités de comptage de Cornet 1986 d'après Schrader & Gersonde 1978 utilisées pour tenir compte des fragments de Diatomées, sans surestimer ou sous-estimer certains taxons.

Countage units of Cornet 1986 after Schrader & Gersonde 1978 used to take the fragments of diatoms into account, without over- or under-estimating some taxa.

Dans la seconde direction (2), l'objectif initial de la table ronde, était de mettre en commun les expériences des participants, afin de dégager une méthode standardisée de quantification des différents états de préservation. Cet objectif, qui en vaut la peine selon les propres mots de R. Flower (com. pers.) et qui forme le sujet de thèse de D. Ryves (Londres) est probablement précoce, en tous cas au niveau de notre association, car la motivation des participants est variable pour plusieurs raisons :

– il n'est pas encore démontré que l'investissement supplémentaire en temps débouche sur des résultats suffisamment intéressants ;

– certaines approches sont décevantes et n'ont pas livré les résultats escomptés ;

– il y a encore trop peu de résultats dans la littérature pour comparer ses propres résultats.

Face à cette situation, il a été décidé d'abandonner le projet de standardisation (face au manque d'expérience) et de se contenter d'une approche plus modeste, c'est-à-dire présenter les méthodes connues ou pratiquées actuellement par les deux auteurs. Les méthodes sont présentées avec leur champ respectif d'application, sans déboucher sur une analyse comparative critique, qui est également précoce. Puisse cet article certainement lacunaire, susciter l'intérêt des chercheurs, pour tester les méthodes décrites ou pour en imaginer d'autres. Dans tous les cas l'avis de chacun est attendu, pour nourrir une prochaine table ronde sur le sujet.

Dépassant le contexte méthodique, la contribution de Flower 1993 est le corollaire indispensable à l'estimation de l'état de conservation, puisqu'il s'agit à la fois d'une revue et d'observations originales sur les causes de fragmentation et de dissolution. Cette publication est une aide utile à l'interprétation de figures de dissolution et de fragmentation dans les assemblages fossiles et récents de diatomées.

## MÉTHODES D'ESTIMATIONS DE L'ÉTAT DE DISSOLUTION

Certains auteurs abordent l'état de conservation sous l'angle de la quantification plus ou moins sophistiquée des traces de dissolution.

Dans un travail sur la dissolution et la conservation des valves de Diatomées en cours de sédimentation dans la mer Baltique, Schrader 1972 propose une méthode pour quantifier les traces de dissolution observées sur les valves de *Thalassiosira baltica* (Grun.) Oestefeld à différentes profondeurs de la colonne d'eau. La méthode consiste

à mesurer sur photographies en microscopie à balayage pour 30 individus par échantillon :

– la densité de pores (nombres de pores par unité de surface) =  $n$  et le diamètre de ceux-ci ;

– le nombre moyen de pointes sur le pourtour des pores et la longueur moyenne de celles-ci. Ces deux grandeurs sont susceptibles de varier avec le degré de dissolution et permettent à l'auteur de définir deux indices :

$$\text{densité de pores} = \frac{1/4\pi (\text{diamètre moyen des pores})}{\text{unité de surface}}$$

$$\text{indice de pointes} = \frac{\text{nombre de pointes}}{\text{nombre de pores}} \text{ long. moy. des dents}$$

Les deux indices sont comparés et utilisés pour montrer chez l'espèce étudiée, que les processus de dissolution ne sont pas constants en cours de sédimentation. Le même auteur (Schrader 1973) propose également une méthode plus simple, où le facteur de dissolution est le rapport entre le nombre de frustules bien préservés et le nombre de frustules qui portent des traces de dissolution.

Dans une étude sur la dissolution des Diatomées en cours de sédimentation dans le lac Baïkal, Flower et Likhoshway 1993, proposent un indice simple qui rend compte de l'état de dissolution des échantillons (DDI = diatom dissolution index). Dans chaque échantillon, plusieurs états de conservation pour les trois taxons communs *Aulacoseira baicalensis*, *Cyclotella minuta* et *Cyclotella ornata* sont relevés en microscopie optique au grossissement  $\times 1000$ . Par exemple 6 états de conservation sont reconnus (Flower 1993) chez *Cyclotella minuta* (Skvo.) Antipova : 1 = l'état primitif sans trace de dissolution, 2 à 6 = des états progressifs de dissolution. En cours de comptage, les valves dénombrées de chaque taxon commun sont attribuées à ces états de conservation. Cela permet de suivre en détail la progression de la dissolution en cours de sédimentation et de calculer l'indice DDI selon l'équation suivante :

$$\text{DDI} = \frac{\sum_{i=1}^n x_{1i}}{\sum_{i=1}^n x_{1i} + \sum_{i=1}^n x_{2i}}$$

où  $x_{1i}$  = le nombre de valves de l'espèce  $i$  dans l'état de conservation 1 (état primitif).

$x_{2i}$  = le nombre de valves de l'espèce  $i$  dans les états de moindre conservation (2 ou plus).

Si toutes les valves portent des traces de dissolution l'indice = 0, si toutes les valves sont en bon état (état primitif), l'indice = 1. Les auteurs n'indiquent pas si les stades de dissolution sont standardisés pour les 3 taxons communs (ou au moins pour les taxons du même genre), ou s'il

faut dresser au préalable un catalogue des états de dissolution pour chaque taxon.

Cet indice permet aux auteurs de comparer des échantillons provenant de trappes à sédimentation et des échantillons provenant de la surface des sédiments. En outre cet indice a été utilisé pour mettre en évidence les effets des nettoyages des échantillons sur l'état de conservation des valves de Diatomées. Ces résultats débouchent sur des recommandations (Flower 1993, Flower et Likhoshway 1993) destinées à réduire autant que possible les dégâts occasionnés par les méthodes de préparation (préférer les méthodes à froid, avec des acides dilués, sur échantillons humides).

Dans son étude paléocéologique des Diatomées de sédiments des Vosges et de l'Eifel, Cornet 1986 adopte une méthode d'appréciation plus subjective mais rapide, appliquée à l'échantillon dans son ensemble. Après examen au microscopique optique, un taux de conservation des frustules est attribué selon l'échelle suivante, en relevant certaines figures de dissolution (Fig. 2) :

- conservation bonne : tous les individus sont intacts ;

- conservation moyenne : certains individus présentent des figures de dissolution ;

- conservation faible : beaucoup d'individus présentent des traces de dissolution mais sont identifiables ;

- conservation mauvaise : la plupart des individus montrent des traces de dissolution. De nombreux fragments de frustules ne sont pas identifiables.

Si cette méthode n'est pas des plus précises, elle a tout de même le mérite d'être rapide, simple et de pouvoir être appliquée à toutes sortes de conditions paléocéologiques et néoécologiques. Elle a permis à son auteur de rendre compte d'états variés de conservation dans le sondage qu'elle a étudié et de mettre en évidence également des figures de dissolution sur des spicules d'Eponges.

De manière également plus subjective, Straub 1990 et 1993, relève l'état de dissolution (Fig. 2) des valves de Diatomées dans des échantillons de sédiments littoraux et profonds du lac de Neuchâtel (Suisse). Au cours du dénombrement, suite à l'observation des restes (valves entières et fragments) de Diatomées en microscopie optique à fort grossissement, un indice exprimant l'état de conservation (IC) de 0, 0.5 ou 1 est attribué à chaque taxon selon l'échelle suivante :

1 : tous les restes du taxon *i* sont en bon état de conservation

0.5 : environ 50% des restes du taxon *i* portent des traces de dissolution

0 : tous les restes du taxon *i* portent des traces de dissolution.

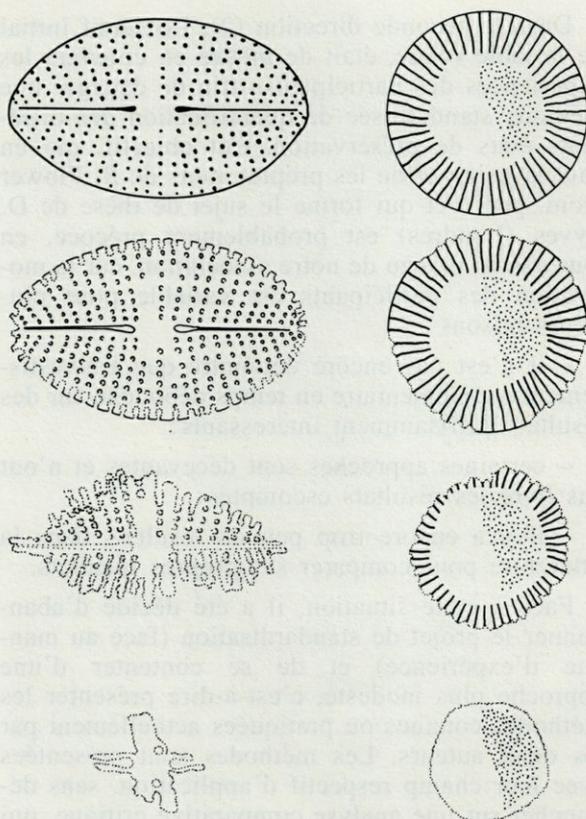


Fig. 2. - Figures courantes de dissolution. Les traces de dissolution les mieux visibles en microscopie optique sont l'élargissement des aréoles et la dissolution des bords des valves.

*Current shapes of dissolution. The best visible traces of dissolution under the optical microscope, are the width of corroded areolae and the dissolution of the edges of the valvae.*

L'indice ci-dessus est multiplié par l'abondance relative de chaque taxon (Fig. 5), ce qui permet pour chaque unité systématique, d'estimer également l'abondance relative des valves qui ne portent pas (% C) de traces de dissolution. Cette grandeur est utilisée comme telle dans la construction des diagrammes floristiques (Straub 1993, Fig. 4) : l'abondance de chaque taxon est donnée simultanément en noir = fréquence des restes en bon état de conservation et en blanc = fréquence des restes qui portent des traces de dissolution. Cette méthode permet de rendre compte de la vulnérabilité différentielle des taxons face à la dissolution et des variations qualitatives de l'état de dissolution le long d'un sondage. Ces grandeurs permettent de pondérer l'interprétation. Une autre approche consiste à réduire le nombre de variables et d'exprimer (Straub 1990) les abondances des taxons par classe d'adaptation biologique (abondance des aérophiles, des benthiques et des planctoniques). Le relevé proposé des traces de dissolution permet alors dans chaque échantillon,

de calculer un état de dissolution par classe d'adaptation biologique. Cette possibilité est utile en sédimentologie littorale, particulièrement dans des sédiments mélangés, pour différencier la part de Diatomées déposées *in situ* et la part provenant de la dérive ou du ruissellement, cette différence étant nécessaire si l'on veut préciser les reconstitutions paléobathymétriques. Enfin, on peut calculer pour chaque échantillon un taux de dissolution (plus exactement, un taux de valves de Diatomées portant des traces de dissolution) en faisant la somme des fréquences de traces de dissolution relevées pour chaque taxon. Ce taux total de dissolution peut être utilisé pour rendre compte de l'état global de conservation et être utilisé directement pour l'interprétation paléocéologique (hydrodynamique).

Cette méthode est associée à un relevé plus objectif des états de fragmentation (voir ci-dessous) qui ressemble quelque peu à la démarche de Flower et Likhoshway, 1993. Les deux méthodes permettent de comparer les états de dissolution et de fragmentation des restes de Diatomées dans chaque échantillon d'un sondage et de distribuer le rapport de l'un à l'autre (Straub 1993, Fig. 3). Par ce moyen, on peut mettre en évidence la proportionnalité moyenne des deux critères. Cette proportionnalité n'est cependant pas obligatoire. Il existe en effet des échantillons (et ceux-ci sont souvent les plus intéressants en paléocéologie) dans lesquels les taux de dissolution et de fragmentation ne sont pas corrélés. On peut en effet trouver des cas de fragmentation élevée avec peu de traces de dissolution (broutage intense, assèchement) ou l'inverse, c'est-à-dire beaucoup de valves entières portant des traces de dissolution (dissolution secondaire dans le sédiment).

### MÉTHODES D'ESTIMATIONS DE L'ÉTAT DE FRAGMENTATION

Un des objectifs de l'étude de Cornet, 1986 était de vérifier pour les fluctuations climatiques du Tardiglaciaire et de l'Holocène, les hypothèses développées par Louis et ses collaborateurs (1981a et b, 1983a, b et c) sur les variations quantitatives des types de fragments de Diatomées comme critère de fluctuations des paléotempératures enregistrées dans les sédiments de la Grande-Pile (Vosges, France). D'après ces auteurs, des fréquences dominantes de fragments terminaux étaient typiques de conditions de réchauffement, tandis qu'au contraire, des fréquences dominantes de fragments centraux étaient caractéristiques de conditions de refroidissement. Pour vérifier ces critères, dans l'étude développée par C. Cornet sur des sédiments des Vosges et de l'Eifel, les types de fragments de Diatomées ont

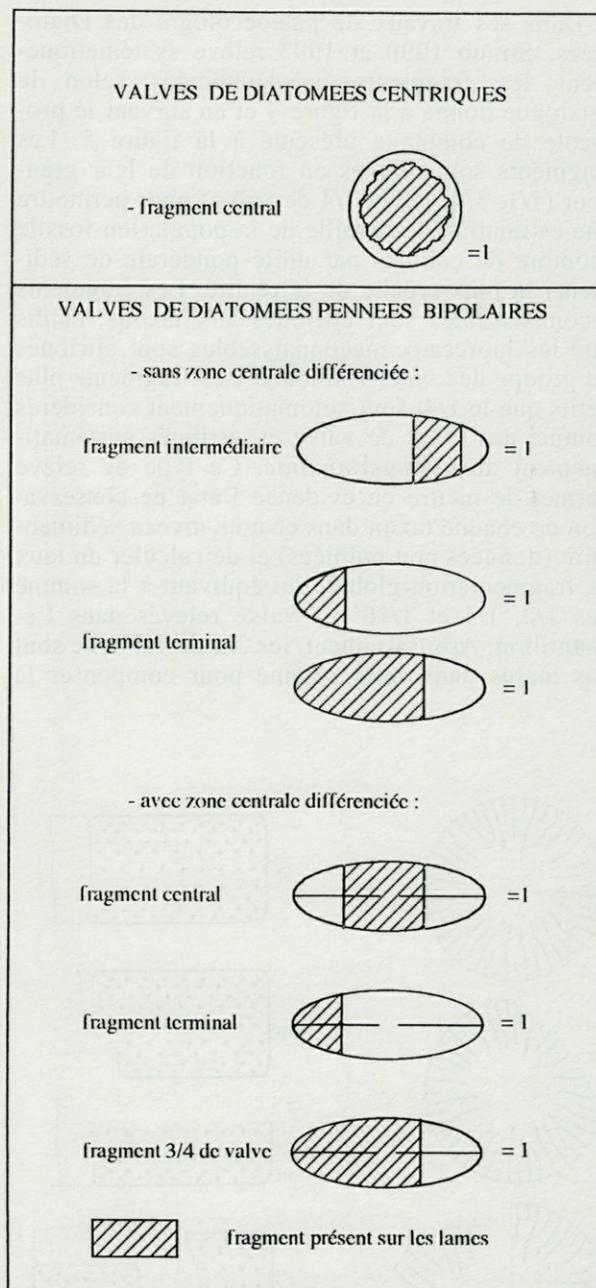


Fig. 3. – Types de fragments relevés par Cornet 1986. Cette analyse débouche sur un compte-rendu de la fréquence relative des différents types de fragments.

*Breakage shapes counted by Cornet 1986. This kind of analysis reports the variations of the sorts of fragments.*

été relevés selon le catalogue présenté à la figure 3 et les fréquences relatives de ceux-ci distribuées en fonction de la succession des couches sédimentaires. Outre le fait qu'aucune explication expérimentale ne vienne soutenir les hypothèses de A. Louis et de ses collaborateurs sur l'origine de la fragmentation des Diatomées et la préservation des fragments centraux ou terminaux, celles-ci n'ont pas été confirmées par l'étude de C. Cornet.





fragmentation liée à la méthode de préparation des Diatomées. Cet aspect variable de l'état des assemblages fossiles est utilisé comme tel, soit pour pondérer et relativiser l'interprétation (lorsque la fréquence de *indeterminatae* est élevée) ou pour développer celle-ci dans ses tentatives de reconstituer l'hydrodynamisme dans les paléoenvironnements étudiés.

## CONCLUSION

La mise en commun de nos pratiques et de nos questions en matière d'état de conservation des assemblages de Diatomées débouche sur des avis contrastés. Cet aspect de l'étude des Diatomées intéresse les chercheurs, mais l'investissement en temps nécessaire pour rendre compte de l'état de dissolution ou de fragmentation, retient encore la plupart, d'autant plus que les données publiées sont rares et contradictoires. En comparant, les différentes approches résumées ci-dessus, on remarque que les démarches sont multiples, qu'elles ne répondent pas toujours aux mêmes objectifs et que dans cette mesure, la volonté de standardisation est déplacée. Adopter une méthode commune dans ce domaine est encore précoce, nécessite aussi d'autres propositions et surtout requiert une plus grande documentation permettant de prouver le bien-fondé de cette démarche.

## BIBLIOGRAPHIE

- BARKER P., 1992. Differential diatom dissolution in late quaternary sediments from Manyara, Tanzania : an experimental approach. *J. Paleolimnol.* **7** (3) : 235 - 251.
- BARKER P., J.C. FONTES, F. GASSE & J.C.L. DRUART, 1994. Experimental dissolution of diatom silica in concentrated salt solutions and implications for paleoenvironmental reconstruction. *Limnol. Oceanogr.* **39** (1) : 99-110.
- BATTARBEE R.W., 1978. Observations on the recent history of Lough Neagh and its drainage basin. *Phil. Trans. R. Soc. London B* **281** : 303-345
- BATTARBEE R.W., 1986. Diatom analysis. In Berglund, B.E. (ed.), Handbook of holocene palaeoecology and palaeohydrology. John Wiley & Sons Ltd., 527-570.
- CORNET C., 1986. Contribution à l'étude de l'évolution paléocéologique de la fin du Quaternaire dans les Vosges et l'Eifel, d'après les Diatomées d'eau douce. Thèse, Univ. Catholique Louvain : 1-176.
- DENYS L., 1991. A check-list of the diatoms in the holocene deposits of the western belgian coastal plain with a survey of their apparent ecological requirements. I. Introduction, ecological code and complete list. Serv. géolog. Belgique, Profes. paper **246** : 1-41.
- FLOWER R.J., 1993. Diatom Preservation - Experiments and Observations on Dissolution and Breakage in Modern and Fossil Material. *Hydrobiologia* **269/270** : 473-484.
- FLOWER R. & Y. LIKHOSHWAY, 1993. Diatom preservation in lake Baikal. In : Diatom algae as indicators of the changes of climate and environment, Limnological Institut, Abstracts of the 5th workshop on Diatom Algae, March 16-20, 1993, Irkutsk, Russia : 77-78
- LOUIS A. & J. SMEETS, 1981a. Etude détaillée des fluctuations algales comme paramètres des fluctuations thermales dans un refroidissement (Melisey II) de l'Interglaciaire Riss-Würm. *Stud. Algol. Lovan.* **10** : 1-241.
- LOUIS A. & D. DE CREMER, 1981b. Les fluctuations algales paramètres des fluctuations thermales au St. Germain II et à l'Eowürm. *Stud. Algol. Lovan.* **11** : 1-370.
- LOUIS A. & L. ERMIN, 1983a. Les fluctuations climatiques au Pré-Eémien et au début de l'Eémien déduites des fluctuations algales. *Stud. Algol. Lovan.* **12** : 1-126.
- LOUIS A. & PETERS J., 1983B. Les fluctuations climatiques de l'Eémien, du Melisey I et du St. Germain I déduites des fluctuations algales fossiles. *Stud. Algol. Lovan.* **13** : 1-270.
- LOUIS A. & coll., 1983c. Fluctuations climatiques au Néowurm et au Préboréal déduites des fluctuations algales. *Stud. Algol. Lovan.* **15** : 1-190.
- MIKKELSEN N., 1979. Diatoms in equatorial deep-sea sediments : sedimentation and dissolution over the last 20000 years. In : Simonsen, R. (ed.), Proc. 5th. Symp. on Recent and Fossil Diatoms, Antwerp 1978 (Nova Hedwigia Beiheft 64) : 489-502.
- MIKKELSEN N., 1980. Experimental dissolution of Pliocene diatoms. *Nova Hedwigia* **33** : 893-907.
- PICHON J.J., G. BAREILLE, M. LABRACHERIE, L.D. LABEYRIE, A. BAUDRIMONT & J.L. TURON, 1992. Quantification of the biogenic silica dissolution in Southern Ocean sediments. *Quaternary Research* **37** : 361-378.
- PICHON J.-J., L.D. LABEYRIE, G. BAREILLE, M. LABRACHERIE, J. DUPRAT & J. JOUZEL, 1992. Surface water temperature changes in the high latitudes of the southern hemisphere over the last glacial interglacial cycle. *Paleoceanography* **7** (3) : 289 - 318.
- SCHRADER H.J., 1972. Auflösung und Konservation von Diatomeenschalen beim Absinken am Beispiel des Landsort-Tiefs in der Ostsee. In : Simonsen, R. (ed.), Proc. 1st. Symp. on Recent and Fossil Marine Diatoms, Bremerhaven 1970 (Nov. Hedw. Beiheft 39) : 191-216.
- SCHRADER H.J., 1973. Proposal for a standardized method of cleaning diatom-bearing deep-sea and land-exposed marine sediment. In : Simonsen, R. (ed.) : Proc. 2nd. Symp. on Recent and Fossil Marine Diatoms, London 1972 (Nov. Hedw. Beiheft 45) : 403-409.

- SCHRADER H.-J. & R. GERSONDE, 1978. Diatoms and silicoflagellates. *Utrecht Micropaleo. Bull.* **17** : 129-176.
- SCHUETTE G. ET H.-J. SCHRADER, 1979. Diatom taphocoenoses in the coastal upwelling area off western South America. In : Simonsen, R. (ed.) : Proc. 5th. Symp. on Recent and Fossil Diatoms, Antwerp, 1978 (Nov. Hedw. Beiheft 64) : 359-378.
- SHEMESH A., H.L. BURCKLE & P.N. FROELICH, 1989. Dissolution and preservation of Antarctic diatoms and the effect on the sediment thanatocoenoses. *Quaternary Research* **31** : 288 - 308.
- STRAUB F., 1990. Hauterive-Champréveyres, 4. Diatomées et reconstitution des environnements préhistoriques. Saint-Blaise, Ed. du Rueau. *Archéologie neuchâteloise* **10** : 1-120.
- STRAUB F., 1993. Diatoms and their preservation in the sediments of Lake Neuchâtel (Switzerland) as evidence of past hydrological changes. *Hydrobiologia* **269/270** : 167-178.

*Reçu le 19 décembre 1994 ; received December 19, 1994*  
*Accepté le 26 janvier 1995 ; accepted January 26, 1995*