
GÉOLOGIE ET SÉDIMENTOLOGIE

Jean-Pierre TASTET et Daniel GUIRAL

Par définition, une lagune est une **dépression** littorale, au-dessous des basses mers, séparée de la mer ouverte par une **barrière** dont l'origine peut être sédimentaire, organique ou même structurale (LANKFORD, 1977 ; NICHOLS et ALLEN, 1981 ; BIDET *et al.*, 1982). Cette dépression est en relation éphémère ou permanente avec la mer par l'intermédiaire d'un **chenal** (ou de plusieurs chenaux) naturel(s) ou artificiel(s). Située en bordure du continent, une lagune intercepte les **apports continentaux** liquides et solides qui, sans elle, seraient directement évacués en mer.

L'origine des lagunes côtières est récente et liée aux dernières variations glacio-eustatiques : variations du niveau de la mer en relation avec les périodes de développement des calottes glaciaires (TASTET, 1974 ; LANKFORD, 1977 ; TASTET, 1979 ; NICHOLS et ALLEN, 1981 ; BIDET *et al.*, 1982). La dernière glaciation remonte à 18 000 ans BP. Elle a provoqué un abaissement de la mer à 110 m au-dessous du niveau actuel, découvrant une grande partie des plateaux continentaux, favorisant le creusement des vallées côtières. Ces dépressions ont été envahies par la remontée marine qui suivit. Depuis 5 000 à 0 000 ans, la relative stabilité du niveau marin autour du zéro actuel a favorisé la création de barrières sédimentaires (cordons sableux) ou d'origine biologique (récifs), voire structurales ou volcaniques, qui séparent les dépressions ennoyées de la mer ouverte, créant ainsi de nombreux systèmes lagunaires sur les côtes du monde entier. Des tropiques aux zones polaires, 13 % des côtes sont bordées de lagunes (NICHOLS et ALLEN, 1981). La lagune Ébrié n'échappe ni à cette définition, ni à cette origine :

- elle occupe un ensemble de dépressions d'origine fluviale, dont le tracé est parfois guidé par la structure tectonique du substrat continental ;
- elle est séparée du golfe de Guinée par une barrière sédimentaire constituée de cordons sableux parallèles, d'âge holocène ;
- elle est en relation permanente avec l'océan depuis 1950 par le canal artificiel de Vridi et en relation éphémère par la passe de Grand-Bassam, réouverte en 1987 alors qu'elle était fermée depuis 1972. Auparavant, cette embouchure naturelle était en général ouverte chaque année en période de crue et se refermait plus ou moins régulièrement en étiage ;

— elle reçoit du continent trois fleuves (la Comoé, la Mé et l'Agnéby) et de petites rivières côtières qui, avec les précipitations, apportent un volume d'eau variant de $2,3.10^9$ à $22,3.10^9 \text{ m}^3 \cdot \text{an}^{-1}$ (cf. I-4).

Nous étudierons successivement :

- le cadre géologique de la dépression lagunaire ;
- sa morphologie ;
- les apports sédimentaires et la nature des fonds ;
- la dynamique et le bilan sédimentaires ;

avant de conclure sur les caractères originaux du système lagunaire Ébrié.

Cadre géologique de la dépression lagunaire

Le système lagunaire Ébrié est enchâssé dans les formations peu déformées du bassin sédimentaire côtier où se distinguent plusieurs unités morphosédimentaires dont la distribution géographique est commandée par la structure en demi rift du socle profond (TASTET, 1971 ; TASTET, 1979).

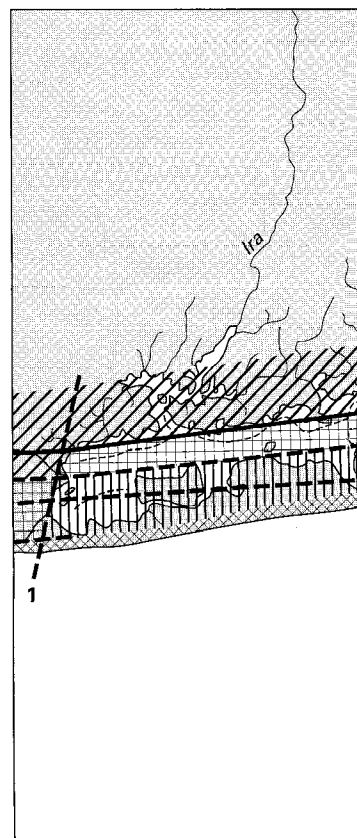
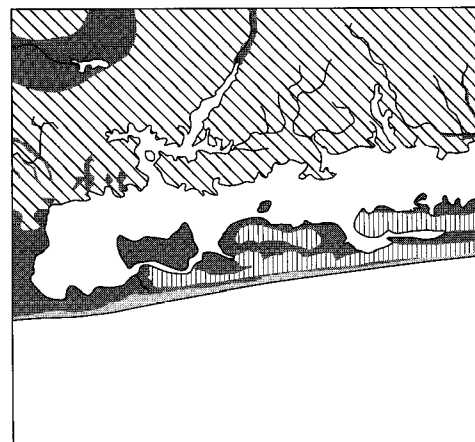
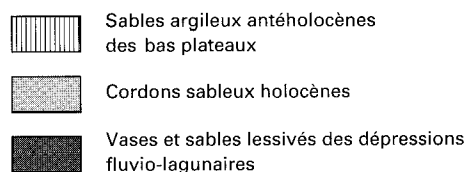
LES UNITÉS MORPHOSÉDIMENTAIRES DES RIVES LAGUNAIRES (fig. 1)

De **hauts plateaux**, constitués par les formations sablo-argileuses du Méso-Cénozoïque (« Continental terminal »), dominant au nord, de 50 m au maximum, le plan d'eau lagunaire. Les unités lagunaires Aghien et Potou sont presque entièrement enchâssées dans les hauts plateaux.

Les **bas plateaux** dominent en général la rive sud des lagunes de 10 à 12 m. Ils sont constitués de sables argileux azoïques, continentaux, d'âge antéholocène (TASTET, 1979). Ces sables, moins argileux et plus homogènes que ceux du Continental terminal, se seraient mis en place par épandage en nappes pendant la régression antéholocène, aux dépens des formations sédimentaires plus anciennes.

Une origine marine de ces **bas plateaux** n'est pas à exclure. Ils correspondraient alors à une ancienne barrière littorale, édifiée aux environs de 120 000 ans BP lors du pénultième haut niveau marin. Ces formations sont fréquemment rencontrées sur les littoraux du Brésil (MARTIN et SUGUIO, 1975 ; MARTIN *et al.*, 1980 ; VILWOCK, 1984 ; LONG *et al.*, 1989) mais pour l'instant aucune preuve morphologique ou sédimentologique ne vient conforter cette interprétation dans le cas des milieux côtiers de l'Afrique de l'Ouest.

Les **cordons sableux** parallèles sont d'âge holocène ; leur altitude varie de 2 à 6 m. On peut y distinguer deux générations. La



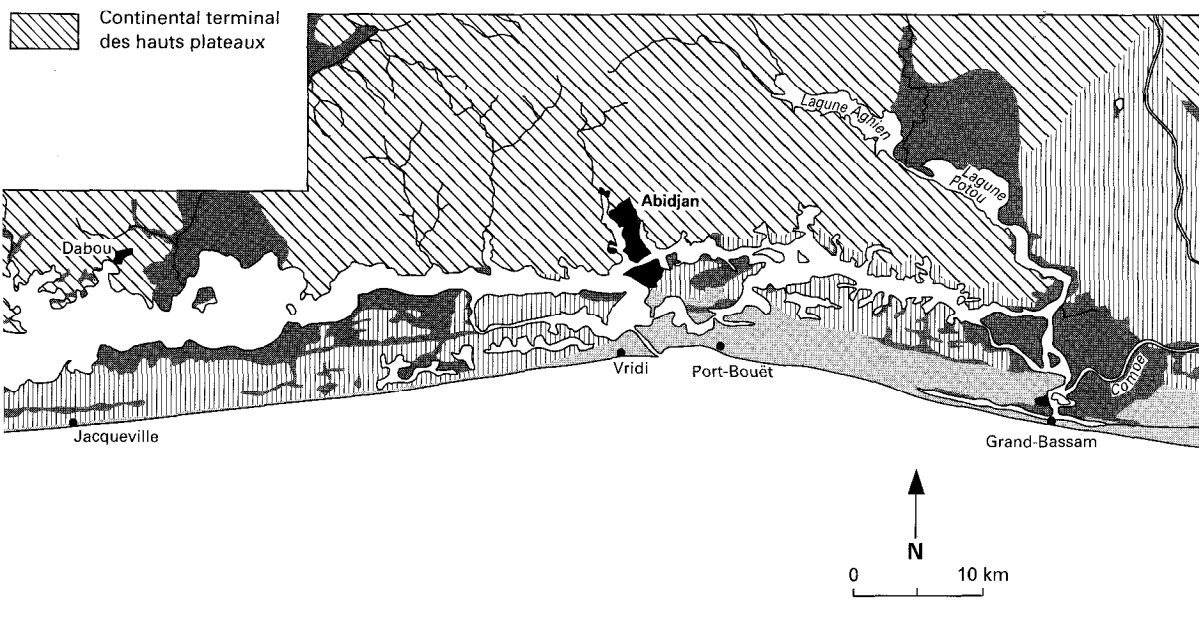


Figure 1
Carte géologique des abords de la lagune Ébrié.

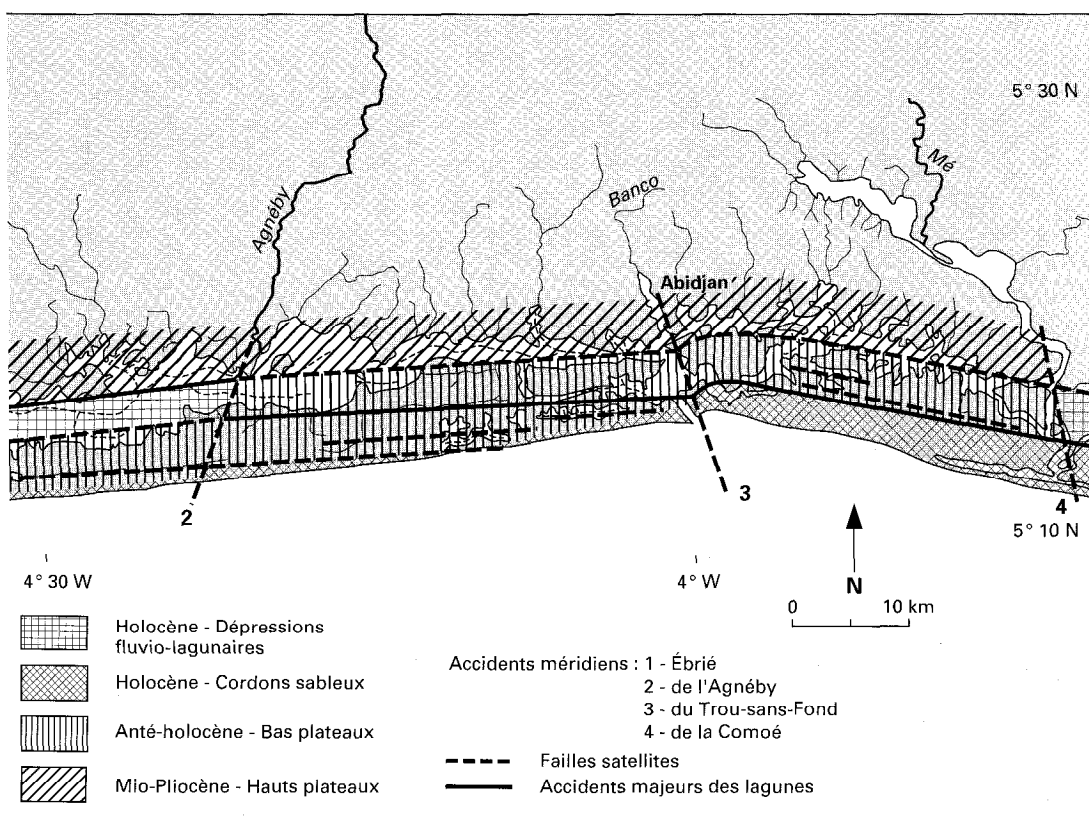


Figure 2
Schéma structural des abords de la lagune Ébrié.

plus ancienne, constituée de sable blanc, présente parfois de nombreux crochets d'embouchure. La plus récente est formée de rides parallèles de sable roux avec, à proximité de la plage actuelle, quelques rides d'altitude supérieure. Les sables des cordons peuvent recouvrir des intercalations tourbeuses dont l'une a été datée de 8 045 ans BP, sous 28 m de sable des cordons blancs, confirmant ainsi leur âge holocène. Ces cordons ont été édifiés par la dérive littorale. À l'ouest d'Abidjan, où ce transport littoral est intense ($800\,000\text{ m}^3 \cdot \text{an}^{-1}$ d'ouest en est), les cordons sont peu nombreux (3 ou 4 au maximum) et ne s'étendent que sur quelques centaines de mètres de largeur (TASTET, 1985). À l'est, les cordons ont une plus large extension (4 à 5 km), la dérive littorale n'étant plus dans cette zone que de $400\,000\text{ m}^3 \cdot \text{an}^{-1}$ et l'excédent d'apport venant de l'ouest a permis une progradation au cours des 6 derniers millénaires du littoral de près de $1\text{ m} \cdot \text{an}^{-1}$ en moyenne.

Les **dépressions comblées**, d'origine fluvio-lagunaire, sont remplies de matériaux d'autant plus riches en matière organique qu'ils sont plus récents. Ces zones, d'altitude inférieure à 2 m, sont le plus souvent inondables. Elles sont très étendues à proximité des embouchures de la Comoé, la Mé et l'Agnéby et occupées par la forêt marécageuse ou, dans les zones propices, par la mangrove (cf. II-3).

L'ORGANISATION STRUCTURALE DES FORMATIONS SÉDIMENTAIRES

La marge continentale ivoirienne est du type marge de cisaillement (BOILLLOT, 1983) sous la dépendance du prolongement de la fracture médio-océanique Saint-Paul (TASTET, 1979 ; BLAREZ, 1986). La structure du bassin sédimentaire qui en découle (fig. 2) est connue par des travaux géophysiques anciens (Compagnie générale de Géophysique, 1953, 1954 ; Société africaine des Pétroles, 1961) ; elle a été précisée par ses incidences sur la morphologie des formations quaternaires littorales (TASTET, 1971, 1979).

L'élément majeur de cette structure est la faille des lagunes orientée grossièrement est-ouest ; son rejet dans le socle peut dépasser 3 500 m. Cet accident recoupe obliquement les directions structurales du socle, ce qui conduit à une structure particulière, celle du demi-rift paléo-atlantique attaché au continent africain (TASTET, 1979). À cet accident majeur sont associées des failles satellites qui lui sont parallèles et qui déterminent avec les failles méridiennes (associées au socle) une structure en marches d'escalier (fig. 2). Chacune de ces marches a pu jouer différemment des autres.

Cette architecture générale détermine la distribution des unités morphosédimentaires (hauts plateaux, bas plateaux, cordons, dépressions et lagunes) qui paraissent liées à un compartiment structural particulier (fig. 2). Ainsi, l'extrémité ouest de la lagune Ébrié occupe un compartiment « effondré » de cette structure.

Morphologie de la dépression lagunaire

Le système lagunaire Ébrié s'allonge d'ouest en est sur le littoral ivoirien. À l'ouest, le canal d'Assagny le fait communiquer avec le Bandama et la lagune de Grand-Lahou. À l'est, à Grand-Bassam, il reçoit le fleuve Comoé dont l'embouchure est épisodiquement fermée et par le canal d'Assinie il communique avec la lagune Aby. Il se prolonge vers le nord par un large canal naturel reliant la lagune Ébrié proprement dite aux lagunes Potou et Aghien.

LONGUEURS ET SURFACES (tabl. I et II)

Les dépressions lagunaires s'étendent sur 140 km. Elles occupent une surface de 566 km^2 , partagée en 523 km^2 pour la lagune Ébrié et 43 km^2 pour le système Aghien-Potou.

La lagune Ébrié possède de nombreuses baies qui, plus fréquentes sur sa rive nord que sur sa rive sud (VARLET, 1978), représentent près du cinquième de la surface du plan d'eau (99 km^2 sur 523 km^2). Elles sont moins importantes dans le tiers central du système. La largeur de la lagune reste faible par rapport à sa longueur, 4 km sur 132 km.

TABLEAU I

Longueurs et surfaces des éléments du système Ébrié (d'après VARLET, 1978)

	Lagune Ébrié	Lagune Aghien-Potou
Périmètre	644 km	72 km
Longueur de l'axe médian	132 km	32 km
Longueur de la rive nord	401 km	
Longueur de la rive sud	243 km	
Largeur	1 à 7 km	
Surface du plan d'eau	523 km ²	43 km ²

TABLEAU II

Surfaces (d'après VARLET, 1978) et localisations des baies sur la rive nord (N) ou sud (S)

	Surface	Localisation
Lagune Ouladine	4,35 km ²	S
Baie de Bingerville	3,30 km ²	N
Baie d'Abou-Abou	3,90 km ²	S
Baie de Koumassi-Est	6,95 km ²	S
Baie de Biétri	5,45 km ²	S
Baie de Cocody	1,70 km ²	N
Baie de Banco	3,55 km ²	N
Baie d'Adiopodoumé	2,75 km ²	N
Baie de Dabou	3,75 km ²	N
Baie de Mopoyem	14,45 km ²	N
Baie de Toupah	4,75 km ²	N
Baie d'Attoutou	7,50 km ²	S
Baie de Nigui-Assoko	1,40 km ²	N
Baie de Cosrou	19,60 km ²	N

BATHYMÉTRIE ET VOLUMES

La carte bathymétrique du système lagunaire Ébrié a été établie à partir des cartes IGN des lagunes au 1/50 000, avec les sondages réalisés par le port d'Abidjan, complétés par près de 500 km d'itinéraires bathymétriques (TASTET, 1974). Les profondeurs les plus importantes sont localisées dans la région d'Abidjan où elles atteignent plus de 27,5 m au sud de l'île Boulay et 26 m en lagune Abou-Abou. Le volume d'eau de la lagune Ébrié est de $2,5 \cdot 10^9$ m³ et celui du système Aghien-Potou de $0,15 \cdot 10^9$ m³ (VARLET, 1978), ce qui correspond respectivement à des profondeurs moyennes de 4,8 m et de 3,5 m.

LES UNITÉS MORPHOLOGIQUES ET LEUR ORIGINE (fig. 3)

Plusieurs unités morphologiques apparaissent :

- À l'ouest de l'Agnéby, la lagune est principalement constituée d'un chenal dissymétrique de 5 à 10 m de profondeur, au pied de la falaise du Continental terminal. La profondeur de ce chenal peut dépasser 10 m et atteint 15 m devant Abra.
- Au droit de l'Agnéby et jusqu'à Songon-Kassemblé, la lagune est peu profonde ; ses fonds n'atteignent pas 5 m.

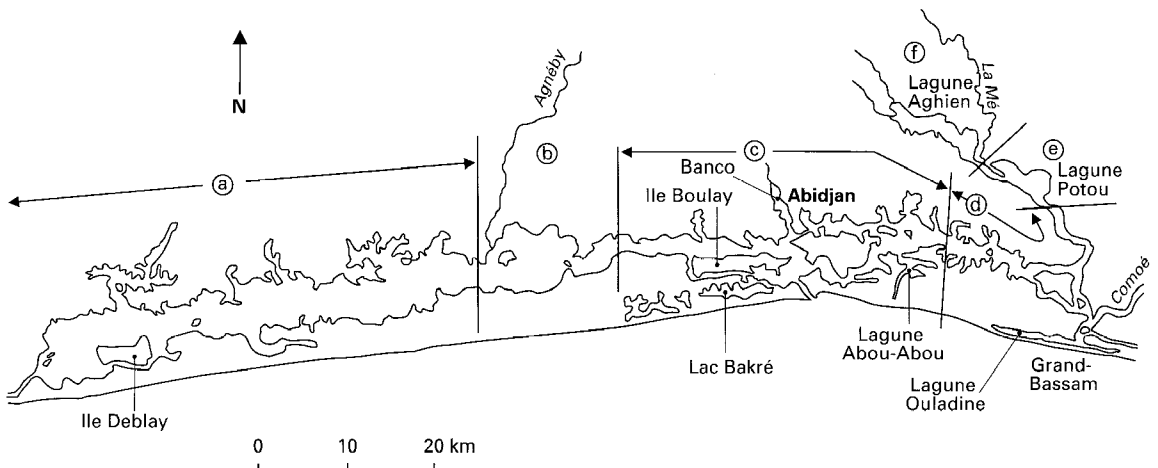


Figure 3

Les différentes unités morphologiques du système lagunaire Ébrié. Voir description dans le texte.

- Dans la région d'Abidjan entre Songon à l'ouest et Vitré à l'est, les chenaux ont souvent des profondeurs supérieures à 20 m. C'est le cas pour :
 - le chenal sud de l'île Boulay (28 m) ;
 - le chenal nord et ceux des baies d'Adiopodoumé, du Banco et de Cocody qui conduisent à une fosse de plus de 20 m au droit de Vridi ;
 - la vallée du sud de l'île Désiré (plus de 20 m) ;
 - et la baie d'Abou-Abou (27 m).

On peut assimiler à ce type de vallée le lac Bakré qui atteint plus de 19 m à son extrémité est.

- Entre Aban et Grand-Bassam, la profondeur varie de 4 à 8 m.
- La lagune Potou, dont les fonds n'excèdent pas 2,70 m, est bordée au sud par un chenal peu profond.
- Enfin, la lagune Aghien peut atteindre 11 m.

Ces différentes parties de la lagune sont originellement des vallées ennoyées lors de la transgression holocène et sont maintenant partiellement comblées par les apports fluviaux. La lagune Ébrié est limitée à l'ouest par les alluvions de la basse vallée de la Bandama et à l'est par celles de la Comoé. L'extrémité occidentale (a) occupe un compartiment structural bas ; elle a pu être empruntée par la rivière Agnèby, et peut-être par la Bandama, dont le cours s'infléchissait vers le sud à l'extrémité de l'île Deblay. Les apports de l'Agnèby ont en partie comblé la dépression lagunaire à l'est de l'exutoire actuel du fleuve, créant ainsi la zone de hauts-fonds de l'unité morphologique (b). Dans la région d'Abidjan, les chenaux lagunaires profonds convergent de façon spectaculaire vers la tête du canyon sous-marin du Trou-sans-Fond et cette partie de la lagune Ébrié (c) n'est autre que le « bassin de réception » du canyon, actuellement séparé du chenal principal par les cordons marins holocènes (fig. 4). La partie orientale (d) est encombrée d'îles édifiées par les apports du fleuve Comoé. La lagune Ouladine, qui n'est séparée de la mer que par un étroit cordon de sable marin, est le témoin des diverses translations ouest-est qui ont affecté l'embouchure de la Comoé. Enfin, les lagunes Potou et Aghien (e et f) occupent une même dépression scindée en deux par les apports de la Mé. Les bancs de sable subaffleurants ou découverts à marée basse qui souvent prolongent les îles sont façonnés par les courants.

Apports sédimentaires et nature des fonds

Le système Ébrié est alimenté en sédiments, essentiellement en suspension, par les rivières qui s'y jettent et par les eaux de ruissellement sur les berges. Ce dernier apport est actuellement non négligeable par suite du déboisement ; il est difficilement estimable. Les autres types de flux sédimentaires habituelle-

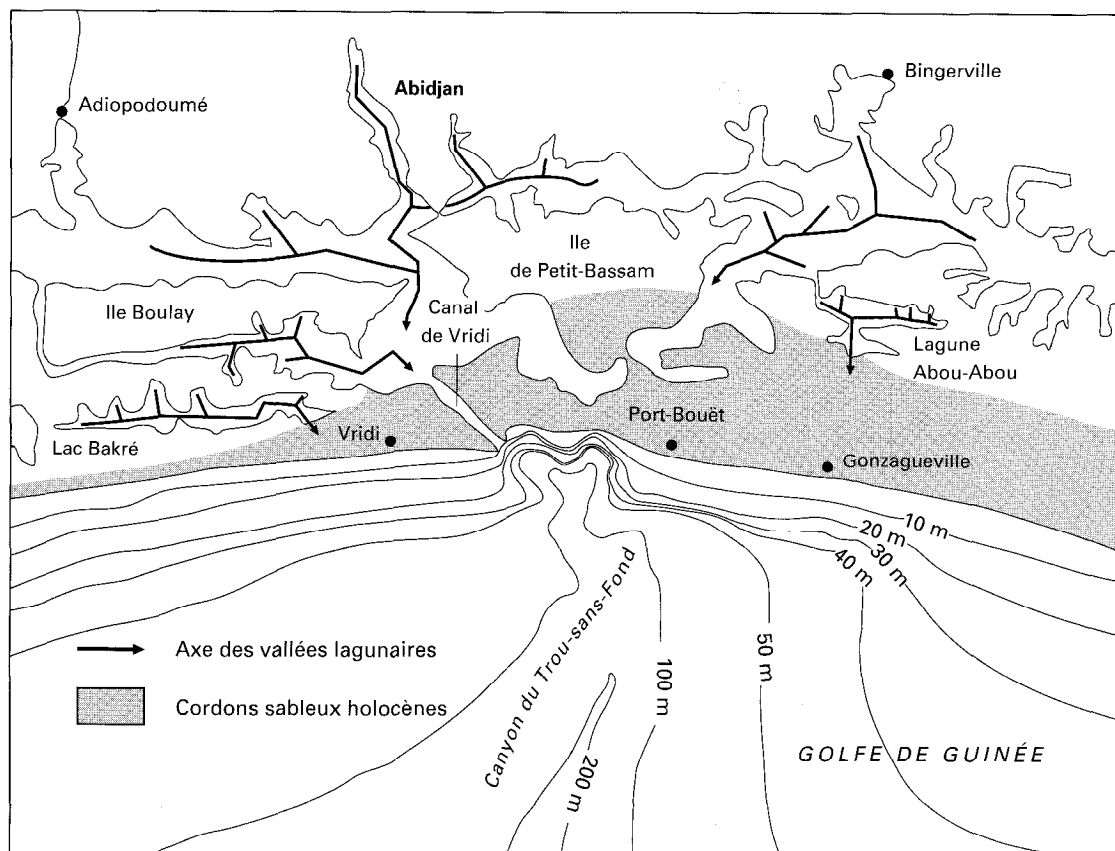


Figure 4

Convergence des vallées lagunaires vers la tête du canyon sous-marin du Trou-sans-Fond.

ment reçus par les lagunes (Unesco, 1980) sont ici inexistantes ou négligeables : il ne rentre pas de sable marin par le canal de Vridi qui est la seule relation permanente avec l'océan et les washover ne peuvent se produire du fait de la largeur de la barrière littorale.

Les études et mesures concernant la sédimentation en lagune ont porté sur la charge solide des eaux de l'ensemble du système et sur la reconnaissance de la nature des fonds de certains environnements types.

LA CHARGE SOLIDE

La charge solide a été mesurée sur des prélèvements mensuels d'eaux de surface en 1973 et 1974 et selon des profils verticaux en période d'étiage (mars 1974).

Alors que la charge solide varie globalement de 10 à 400 $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$, les variations mensuelles en un lieu donné ne sont pas significatives. En effet, la turbidité peut évoluer très rapidement en quelques heures à la suite d'une pluie. Par contre, les moyennes annuelles calculées pour les diverses stations font apparaître que deux facteurs essentiels conditionnent la turbidité des eaux : la pollution dans les régions urbanisées et la proximité des arrivées fluviales (fig. 5). En effet, dans la région d'Abidjan, on observe des valeurs nettement supérieures à 100 $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ avec des maxima dans les régions les plus polluées : 163 $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ en baie de Biétri, 143 $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ en baie de Cocody (DUFOUR, 1974). En outre, alors que la turbidité moyenne des eaux en lagune « ouverte » est d'environ 90 $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$, elle dépasse 100 $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ en baie de Cosrou et au débouché du fleuve Comoé. Cette charge est comparable à celle déterminée par MONNET (1972) pour le fleuve Bandama.

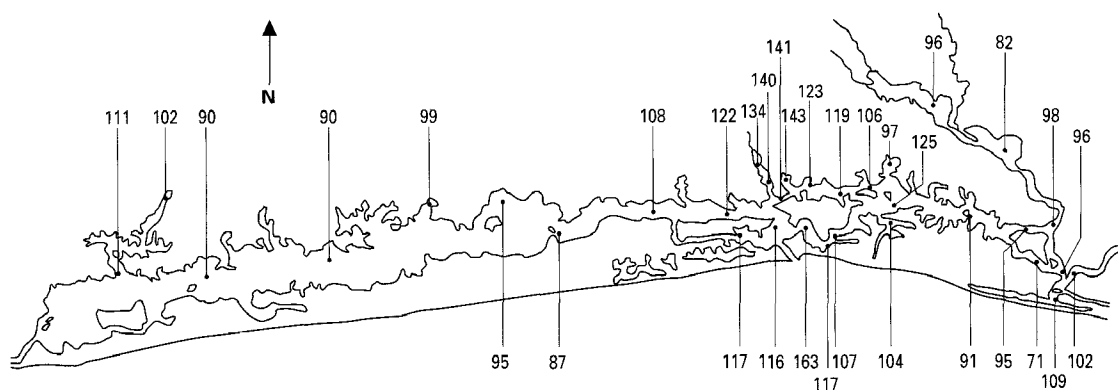


Figure 5

Turbidité moyenne des eaux de surface en $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ de janvier 1973 à novembre 1974.

À l'échelle annuelle, les charges minérales solides sont en lagune essentiellement d'origine fluviale. La nature minéralogique des apports est sensiblement équivalente pour les trois fleuves (Comoé, Mé, Agnèby) qui alimentent la lagune Ébrié. Le minéral prépondérant est le quartz auquel sont toujours associés de la kaolinite et en proportion variable des micas et très fréquemment des interstratifiés. De l'olivine a été mise en évidence dans les suspensions de la Comoé — au cours de la période d'étiage — et de la Mé — lors de la décrue qui suit la seconde saison des pluies.

En dehors des périodes de crues, LEMASSON *et al.* (1981) ont mis en évidence que les charges organiques en suspension en lagune représentent plus de 60 % du seston total. Selon la région lagunaire considérée, les relations entre les concentrations en matière organique particulaire (MOP) et le seston sont significativement différentes ⁽¹⁾. À partir de régressions entre d'une part carbone particulaire et d'autre part ATP, phosphore particulaire et chlorophylle *a*, il a été possible d'estimer, respectivement en zone d'estuaire et dans la partie ouest de la lagune, à 60 % et 77 % la fraction vivante de la matière organique particulaire. En outre, les cellules phytoplanctoniques constituent l'essentiel de ce seston organique vivant. Le rapport atomique Cp/Np du phytoplancton de la lagune Ébrié a été déterminé à partir d'incubation en sac à dialyse *in situ*. Les valeurs ainsi obtenues sont comprises entre 7,5 et 7,9 alors que les rapports du seston organique sont : à l'ouest de la lagune supérieurs à 9,5, compris entre 7,0 et 8,0 en secteur estuarien et supérieurs à 10,0 pour les lagunes Aghien et Potou. En dehors de ces variations spatiales existent des variations saisonnières qui se traduisent par des matières organiques en suspension en période de crues, caractérisées par des rapports C/N supérieurs à 14,0 (GIRAL, 1983) voire 20,0 (LEMASSON *et al.*, 1981). Ces variations reflètent la variabilité spatiotemporelle des apports en matière organique détritique, qui lors des crues sont constitués en majorité de particules terrigènes fortement évoluées et (ou) de débris ligneux.

Le rapport isotopique du matériel organique particulaire a été déterminé en 40 stations réparties sur l'ensemble de la lagune Ébrié au début de la grande saison sèche (décembre 1987). Les valeurs obtenues sont relativement dispersées, comprises entre - 30,14 pour la baie de Cosrou et - 22,64 dans l'axe du canal de Vridi. Cette variabilité traduit la diversité d'origine du matériel organique particulaire présent en lagune Ébrié. En effet, celui-ci correspond soit à la production phytoplanctonique propre du milieu, soit à des apports détritiques. Dans ce dernier cas, ces détritus sont d'origine soit continentale et issus d'une photosynthèse aérienne, soit océanique et résultant d'une production élaborée après fractionnement isotopique du CO_2 à l'interface air-océan.

Les mesures de charge solide effectuées sur les prélèvements des coupes hydrologiques, tant en crue qu'en étiage, ne montrent pas de variation verticale cohérente. Ce caractère, associé aux faibles charges particulières observées, différencie la lagune Ébrié des estuaires.

⁽¹⁾ Les équations reliant MOP au seston sont respectivement pour le secteur ouest et est de la lagune Ébrié :
 $\text{MOP} = \{1,17 \cdot \text{seston}\} - 6,45$; $\text{MOP} = \{0,39 \cdot \text{seston}\} - 7,16$.

Comme l'ont montré les études hydrologiques et morphologiques, le système Ébrié est constitué d'environnements à caractères très différents. Cette diversité physique se traduit aussi dans la répartition des sédiments actuels et les mécanismes sédimentaires.

Trois types d'environnements sédimentaires ont été plus spécifiquement étudiés :

- **La lagune Aghien** est un milieu d'eau douce soumis aux apports modestes des petites rivières côtières (Bété, Djibi) au nord et à ceux de la Mé au sud qui débouche entre les lagunes Aghien et Potou. En période de fermeture de l'embouchure de la Comoé, la salinité de surface est toujours inférieure à $0,5 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$; elle peut atteindre $1 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ dans le canal la reliant à la lagune Potou. Les mesures faites au moment où la passe de Bassam était ouverte ont montré que la salinité pouvait atteindre $2 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ en étiage (mars 1972).
- **La baie d'Abou-Abou** correspond à une fosse profonde de 27 m isolée du système général de circulation de la lagune Ébrié par un passage relativement étroit (100 m environ) et surtout peu profond (1 m). Ces caractéristiques morphologiques induisent un milieu hydrologique particulier. De l'eau salée reste piégée en permanence dans les fonds supérieurs à 6 m et seule la tranche superficielle est annuellement renouvelée essentiellement lors de la crue de la Comoé.
- **La lagune Ébrié** au sens strict est un milieu à salinité variable. L'étude de la sédimentation a été abordée à partir de 150 prélèvements, répartis sur toute sa surface, et de forages effectués pour des travaux d'aménagement. Cette approche a été décidée plus dans un but d'inventaire de la nature des sédiments que dans celui de la reconstitution des mécanismes sédimentaires qui seront cependant abordés. D'une façon générale, la répartition géographique des faciès a été étudiée selon un échantillonnage serré et à l'aide des échofaciès (morphologie des échos du sondeur).

Lithologie des dépôts

Les sédiments de ces différents environnements ont été étudiés du point de vue de leur granulométrie, de leur minéralogie, de leur géochimie et de leur teneur en matière organique. Ces analyses ont porté sur près de 250 échantillons prélevés à la benne Shipeck, sur plus de 20 carottages courts (100 cm) et sur de nombreux forages réalisés pour des travaux d'aménagement (pont et extension du port).

Les faciès granulométriques

Tous les types de sédiments se rencontrent dans le système lagunaire Ébrié, depuis les dépôts à grain médian égal à 2 mm jusqu'aux vases extrêmement fines dont le médian est inférieur à $2 \mu\text{m}$. Trois types granulométriques (fig. 6) peuvent être distingués :

- **Le type 1** correspond à des sables et des silts dont le classement est bon à moyen ($1,5 < So < 3,0$). Leur médian est compris entre 2 mm et $40 \mu\text{m}$. Leurs courbes granulométriques assimilent les sédiments de ce type au faciès parabolique de RIVIÈRE (1952 a et b, 1977) déposé par charriage. La fraction fine inférieure à $5 \mu\text{m}$ ne représente jamais plus de 10 %. Cette élimination des fines est

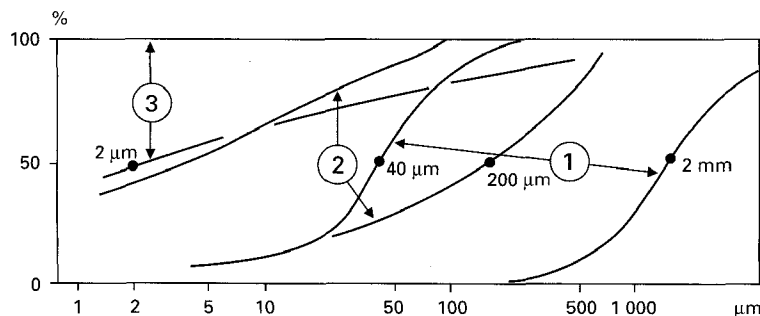


Figure 6
Fuseaux des types granulométriques des sédiments du système lagunaire Ébrié.
1- Faciès paraboliques ; sables et silts déposés par charriage.
2- Faciès hyperboliques ; argiles déposées par décantation des suspensions.
3- Faciès logarithmiques ou de mélanges ; sables et silts argileux.

appelée par RIVIÈRE (1977) la « modulation » du sédiment et « semble souvent correspondre à un sédiment peut-être initialement transporté et déposé en masse lors de la diminution de la vitesse et de la turbulence du courant transporteur, mais ultérieurement remanié en surface ».

- **Le type 2** (fig. 6) correspond aux vases et argiles fines dont le grain médian est inférieur à $2\ \mu\text{m}$ et qui peuvent être constituées presque exclusivement de particules inférieures à $5\ \mu\text{m}$. Leurs courbes granulométriques sont soit rectilignes, soit avec une concavité tournée vers le bas. Il s'agit, par conséquent, de courbes de faciès logarithmique ou hyperbolique de RIVIÈRE (1952 a et b, 1977) traduisant une « évolution » (au sens de RIVIÈRE, 1977) extrême du transport par courant pour les premiers et un dépôt par « décantation » en eau calme pour les seconds. Ces derniers correspondent aux « suspensions uniformes » de PASSEGA et BYRAMJEE (1969). Bien que les mesures granulométriques n'aient pas été « poussées » en dessous de $2\ \mu\text{m}$, il semble que la forme des courbes hyperboliques doit être comparée à celle du second sous-faciès de RIVIÈRE (1977), ce qui démontrerait que les suspensions ne parviennent dans le milieu de dépôt qu'après un long cheminement pendant lequel elles ont perdu leurs éléments les moins fins. La teneur en eau de ces vases est très variable, mais toujours importante, les valeurs mesurées oscillant entre 200 et 700 % du poids du sédiment sec, exceptionnellement 1 000 %. Ces valeurs correspondent respectivement à des concentrations en particules de 400, 140 et moins de $100\ \text{g} \cdot \text{l}^{-1}$. Elles sont souvent riches en matière organique.
- **Le type 3** (fig. 6) est intermédiaire entre les deux types précédents ; il présente une fraction grossière à faciès hyperbolique et une fraction argilo-silteuse à faciès logarithmique. Il peut s'agir de mélanges de fins lits de granulométrie différente que le système de prélèvement n'a pas permis de séparer, mais, aussi, du premier sous-faciès hyperbolique de RIVIÈRE (1977), correspondant à des dépôts de milieux calmes à sédimentation rapide.

En conclusion, on distingue dans les dépôts lagunaires : des sables de granulométrie très variable (type 1), des silts et silts argileux (type 3) et des vases ou argiles (type 2). Le type 3 intermédiaire est relativement peu représenté.

Minéralogie

Argiles (fig. 7 et 8)

Le cortège argileux est constitué de kaolinite, toujours dominante, d'illite et d'interstratifiés gonflants du type illite-montmorillonite (tabl. III).

La présence d'interstratifiés est constante sur l'ensemble de la lagune Ébrié et varie de 5 à 25 % pour les échantillons de surface avec une moyenne de 13 %. La teneur en illite est variable, de 5 à 40 % avec une moyenne de 17 %. On peut remarquer (fig. 7) que les teneurs maximales en illite se rencontrent dans la région d'Abidjan et qu'elles sont liées aux sédiments les plus fins. À l'opposé, au débouché de la rivière Bété en lagune Aghien, la fraction illitique des argiles est directement dérivée du socle et est ainsi associée à la fraction détritique plus grossière (fig. 8). La teneur en kaolinite est la plus forte au débouché de la Comoé et de l'Agnéby.

En lagune Abou-Abou (fig. 8), la kaolinite est toujours la plus abondante et peut être même le seul

TABLEAU III
Composition moyenne de cortèges argileux du système lagunaire Ébrié

	Kaolinite	Illite	I. M.	Interstratifiés	Commentaire
lagune Aghien	80	20		Illite	grossière
lagune Abou-Abou	80	20	Traces		
lagune Ébrié	70	17	13	Illite	fine

(I. M. : Illite-Montmorillonite)

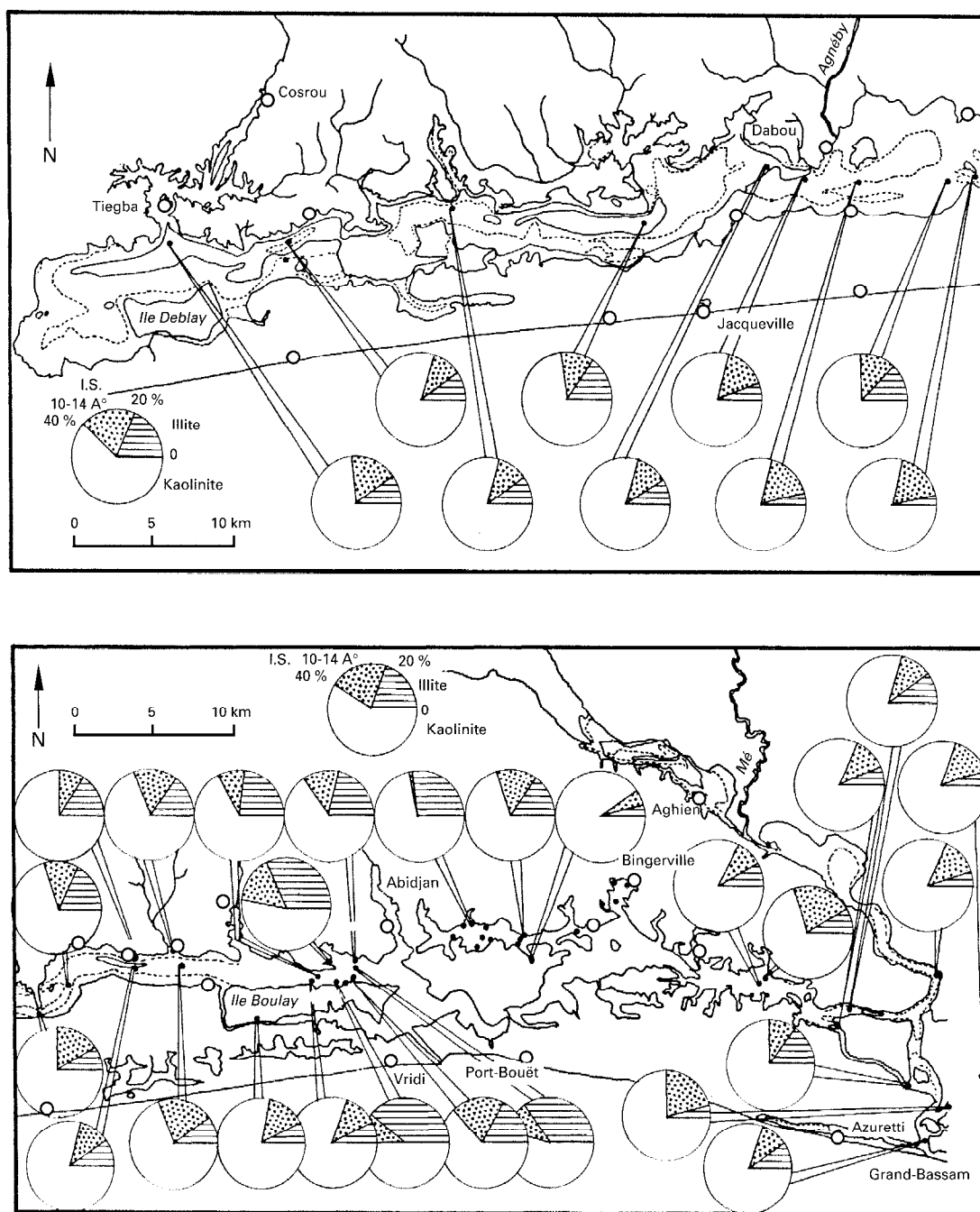


Figure 7

Composition minéralogique de la fraction argileuse des sédiments de la lagune Ébrié.

minéral argileux présent. L'illite représente en moyenne 20 % de la fraction argileuse et les interstratifiés, sans être absents comme en lagune Aghien, ne sont que rarement présents et en faible quantité.

Autres minéraux

Les tests de mollusques constituent le seul apport en **carbonate** dans les sédiments du système Ébrié. La calcite dont les concentrations varient de 0 à 15 % dans les sédiments de surface tend à disparaître

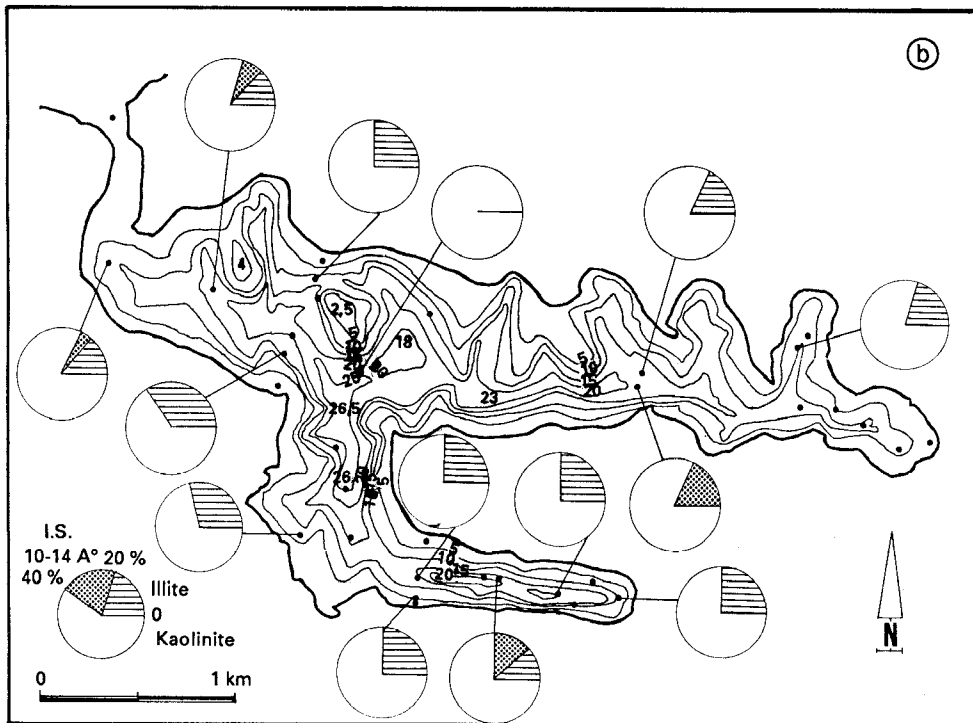
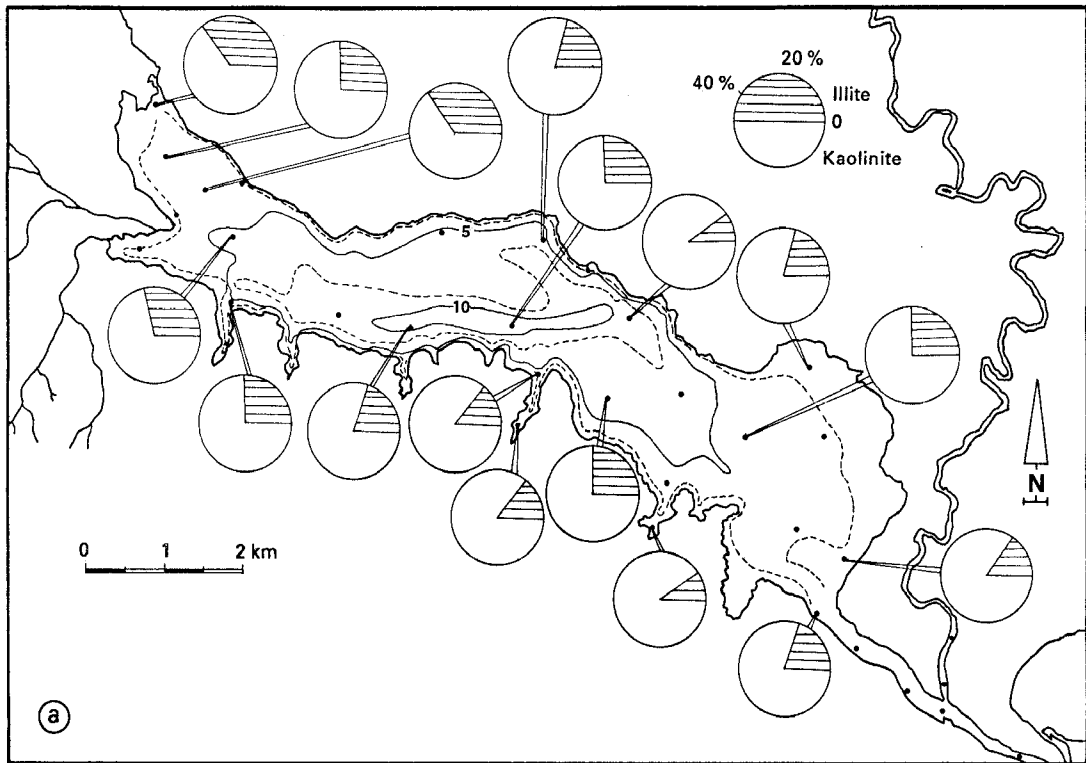


Figure 8

Composition minéralogique de la fraction argileuse des sédiments : a) de la lagune Aghien, b) de la lagune Abou-Abou.

rapidement dans les coupes de sondages. De même, les coquilles récoltées en surface présentent toujours de nombreuses traces de dissolution liées à la forte acidité de certains sédiments (pH inférieur à 4,0 en baie d'Abou-Abou).

La **pyrite** est présente dans les vases les plus riches en matières organiques ; elle se rencontre le plus souvent sous la forme de monocristaux microscopiques.

La **vivianite** (phosphate de fer et de sodium) a été rencontrée en lagune Aghien. Dans le sédiment varvé constitué d'une vase grise compacte, la vivianite se présente en mouchetures bleues caractéristiques.

Géochimie minérale

Les analyses chimiques n'ont porté que sur les éléments majeurs d'échantillons de surface de la lagune Aghien et sur des échantillons de vase d'un forage réalisé en baie du Banco (tabl. IV).

Dans les sédiments de la lagune Aghien, un excédent de silice apparaît, général et surtout spectaculaire dans les faciès fins. Cette silice, qui n'est pas sous la forme de quartz mais d'opale, provient des frustules de diatomées dont la présence a été remarquée dans bon nombre d'échantillons. Les teneurs en

TABIEAU IV
Analyses chimiques de quelques échantillons prélevés en lagune Aghien et dans les vases d'un forage de la baie du Banco

Prélèvements	ÉLÉMENTS MAJEURS (%)								Na ₂ O + NaCl	Total des éléments
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	K ₂ O	TiO ₂		
L. Aghien										
1	71,23	11,52	6,14	0,01	0,03	0,01	0,45	0,90	tr.	90,29
2	53,63	17,10	7,07	0,02	tr.	0,02	0,94	1,23	tr.	88,01
3	44,23	21,38	6,76	0,02	0,37	0,03	1,40	1,25	tr.	75,44
4	39,78	21,94	8,63	0,01	1,16	0,41	1,29	1,06	tr.	74,28
5	48,91	6,80	4,38	0,01	1,05	0,16	0,32	0,33	tr.	61,96
6	30,35	13,47	4,59	0,01	0,69	0,06	0,63	0,52	tr.	50,32
7	50,49	17,19	7,28	0,02	0,65	0,11	0,98	0,53	tr.	77,25
8	71,27	2,01	1,62	0,01	0,19	tr.	0,30	0,35	tr.	75,75
9	55,42	28,86	7,94	0,02	0,50	0,05	2,00	1,13	tr.	95,92
10	78,52	tr.	10,81	0,01	tr.	tr.	0,08	0,01	tr.	89,83
11	80,69	10,19	3,75	tr.	0,18	0,01	0,93	1,07	tr.	96,82
12	97,63	tr.	1,48	tr.	tr.	tr.	0,20	0,08	tr.	99,39
B. du Banco										
- 11 m	43,20	22,79	9,79	tr.	1,35	0,56	0,91	1,13	2,06	81,78
- 12 m	43,63	19,28	12,08	0,09	0,05	0,27	0,75	0,72	tr.	76,87
- 18 m	39,70	20,63	10,52	0,05	0,29	0,17	0,75	0,79	tr.	72,90
- 20 m	48,47	21,08	10,51	tr.	0,76	0,48	0,67	1,44	2,03	85,74
- 25 m	45,79	22,22	8,21	tr.	0,72	0,21	0,47	1,59	1,44	80,70
- 26 m	45,99	22,33	9,08	0,06	0,51	0,07	0,34	1,32	tr.	79,70

tr. : concentration < 0,01.

Prélèvements en	ÉLÉMENTS TRACES (µg . g ⁻¹)									
	P ₂ O ₅	Zr	Mn	Zn	Cu	Ni	Rb	Sr	Pb	Ba
B. du Banco										
- 11 m	1 250	5	839	67	19	28	59	45	221	115
- 20 m	1 850	5	2 130	50	21	24	59	71	52	115
- 25 m	1 300	5	569	45	18	22	41	56	27	120

K_2O supérieures à 1 % sont liées à l'illite. Il est plus difficile d'expliquer les teneurs comparables en MgO mais leur localisation préférentielle près du débouché de la rivière Djibi suggère une origine continentale de cet élément hérité de certains niveaux du Continental terminal. Les fortes teneurs en fer sont dues à la présence d'oxydes et plus rarement de sulfures dans les sédiments fins les plus profonds.

Dans le forage du Banco, la teneur en silice est directement liée à la présence de quartz dans le sédiment, celle d'alumine à la phase argileuse essentiellement. Les fortes teneurs en fer sont principalement dues à la présence de sulfures (pyrite) attestée aussi par des valeurs élevées de Zn et de Pb. Les autres traces, dont le manganèse, sont associées aux argiles et le phosphore à la matière organique. Les teneurs en baryum sont anormalement élevées et traduisent peut-être la présence de feldspaths en trace, à moins que cet élément ne soit lié à la phase carbonatée.

Les sédiments prélevés dans la partie la plus profonde de la baie d'Abou-Abou sont caractérisés par des concentrations importantes en sulfures. Les eaux et les sédiments de cette baie ont fait l'objet d'un suivi physique, chimique et bactériologique d'avril 1981 à avril 1982 par CAUMETTE (1985) et CARMOUZE et CAUMETTE (1985). Cette étude fait suite à des observations plus anciennes et qualitatives réalisées par DEBYSER (1952, 1955, 1959). Dans les sédiments de surface les concentrations en sulfures varient de $100 \mu\text{mol} \cdot \text{l}^{-1}$ (en mars) à $1200 \mu\text{mol} \cdot \text{l}^{-1}$ (de juillet à octobre). Ces sulfures sont immobilisés au sein du dépôt principalement par des ions ferreux, dont la pyrite. Ils résultent de la réduction des sulfates par deux genres principaux de bactéries sulfato-réductrices (*Desulfovibrio* et *Desulfobulbus*) dont les densités sont relativement constantes et comprises entre 5,0 et $7,5 \cdot 10^3$ bactéries $\cdot \text{ml}^{-1}$. L'activité de ces bactéries est rendue possible par l'existence d'une stratification des eaux causée par un gradient de salinité (et donc de densité) qui isole de juin à décembre un épilimnion oxygéné (salinité $< 5 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$) d'un hypolimnion anoxique (salinité constante de $20 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$). Située entre 5 m et 8 m, la halocline qui sépare ces deux milieux correspond aussi à une redoxcline et à une chimiocline. À ce niveau est observé une coexistence d'oxygène et de sulfures libres à l'état de traces.

Matière organique

La teneur en matière organique des sédiments du système Ébrié est très variable. Dans quelques rares cas, elle peut dépasser 45 %.

D'une façon générale, la matière organique est directement liée à la fraction fine (type A de la fig. 9). De ce fait, à l'échelle de la lagune les concentrations en carbone et azote organique exprimées en fonction du poids sec de sédiment sont d'autant plus fortes que le pourcentage de fraction fine est important. Cette liaison se traduit par des relations hautement significatives entre la densité du dépôt et ses teneurs en C et N ⁽¹⁾. Ainsi dans les chenaux centraux de la lagune les concentrations en C et N les plus importantes sont observées au sein de dépressions où s'accumulent des dépôts à granulométrie très fine, à teneur en eau interstitielle élevée et à potentiel d'oxydoréduction très négatif. L'origine de la matière organique sédimentaire au sein de ces dépressions est ainsi lointaine et sa concentration dans les chenaux est le fait d'agents hydrodynamiques.

Le rapport C/N le plus fréquemment déterminé pour les sédiments de surface de la lagune Ébrié est de 21, soit respectivement près de 3 et 2 fois supérieur à ceux du phytoplancton et du seston lagunaire. Ce rapport significativement plus élevé révèle un degré d'évolution comparativement plus important du matériel organique sédimentaire qui est soumis en lagune à de multiples phases de sédimentation-resuspension. D'une manière générale les rapports C/N sont croissants en fonction de l'augmentation de la densité du dépôt traduisant des différences qualitatives entre les composés organiques présents au sein des sédiments à granulométrie fine ou grossière (rapports C/N moyens des sédiments fins 17,2 et gros

⁽¹⁾ Les relations sont respectivement pour le carbone organique $\log C = 22,091 - (7,452 \log \text{densité})$ et pour l'azote organique $\log N = 20,391 - (7,955 \log \text{densité})$, avec C et N exprimés en mg par g de sédiment sec et la densité égale au poids sec (en kg) d'un volume de sédiment frais correspondant à une surface de 1 m^2 sur 1 cm d'épaisseur.

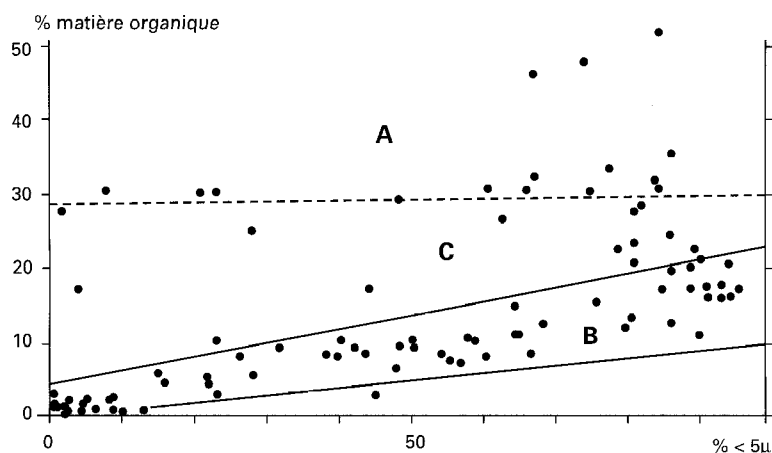


Figure 9
Relation entre la teneur en matière organique des sédiments et le pourcentage de la fraction inférieure à 5 μm en lagune Ébrié.
A) Domaine où la matière organique provient directement des végétaux bordant les rives.
B) Domaine où la matière organique est d'origine détritique « lointaine ».
C) Origine intermédiaire.

siers 26,9). La relative carence en azote de la matière organique associée au sédiment grossier peut résulter : 1° d'une origine continentale et plus ligneuse des particules détritiques au sein des sédiments sableux des hauts-fonds et 2° d'un ralentissement ou d'une inhibition des processus de minéralisation dans le cas des sédiments vaseux accumulés au sein des dépressions. La matière organique se trouve en effet dans cette situation doublement protégée de l'activité minéralisatrice par les conditions de milieu (anoxie quasi permanente) et par son adsorption sur les fractions minérales argileuses.

Dans certains cas les concentrations en matière organique sont indépendantes de la granulométrie du sédiment et peuvent alors représenter de 20 à 35 %, voire jusqu'à 50 %, des dépôts. Ces situations se présentent toujours pour des prélèvements de fonds de baies. La matière organique provient alors directement des végétaux qui bordent les rives lagunaires auxquels peuvent être associés de rares restes d'animaux (domaine A, fig. 9).

Bien que très souvent limités sur un plan méthodologique par la présence de composés soufrés réduits, les rapports isotopiques $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$ de la matière organique sédimentaire (10 échantillons actuellement analysés) présentent comparativement au seston une plus grande homogénéité (valeur maximale : - 24,77 en baie de Mopoyem, et minimale : - 28,61 en baie de Toupah). Un tri densimétrique et une minéralisation différentielle semblent donc s'exercer sur les particules organiques au cours de leur sédimentation dans le milieu lagunaire. De ce fait, alors que l'on observe des origines multiples des particules organiques en suspension et que spatialement les proportions respectives de ces diverses origines sont très variables, il existe au niveau sédimentaire une relative uniformité qualitative de la matière organique détritique.

Répartition des faciès

La cartographie des faciès sédimentaires a été effectuée dans les trois types d'environnements précisés plus haut : la lagune Ébrié (*stricto sensu*) aux environs d'Abidjan, la lagune Aghien et la lagune Abou-Abou.

On remarque que, en général, les sables (faciès granulométriques de type 1, cf. *supra*) occupent le pourtour de la lagune et les vases argileuses (type granulométrique 2) la partie centrale (fig. 10 et 11). La liaison est parfois faite par des zones sablo-silteuses (type 3) en lagune Aghien et Ébrié. On constate que ces dernières sont particulièrement étendues dans la baie peu profonde de Koumassi en lagune Ébrié (fig. 10) et à proximité des débouchés de rivières en lagune Aghien (fig. 11).

L'extension latérale des faciès granulométriques les plus grossiers correspond dans la plupart des cas à des profondeurs inférieures à 5 m et souvent même à 2,5 m ; la limite des faciès fins est de ce fait parallèle aux courbes de niveaux. Les vases occupent donc les chenaux lagunaires où leur épaisseur peut

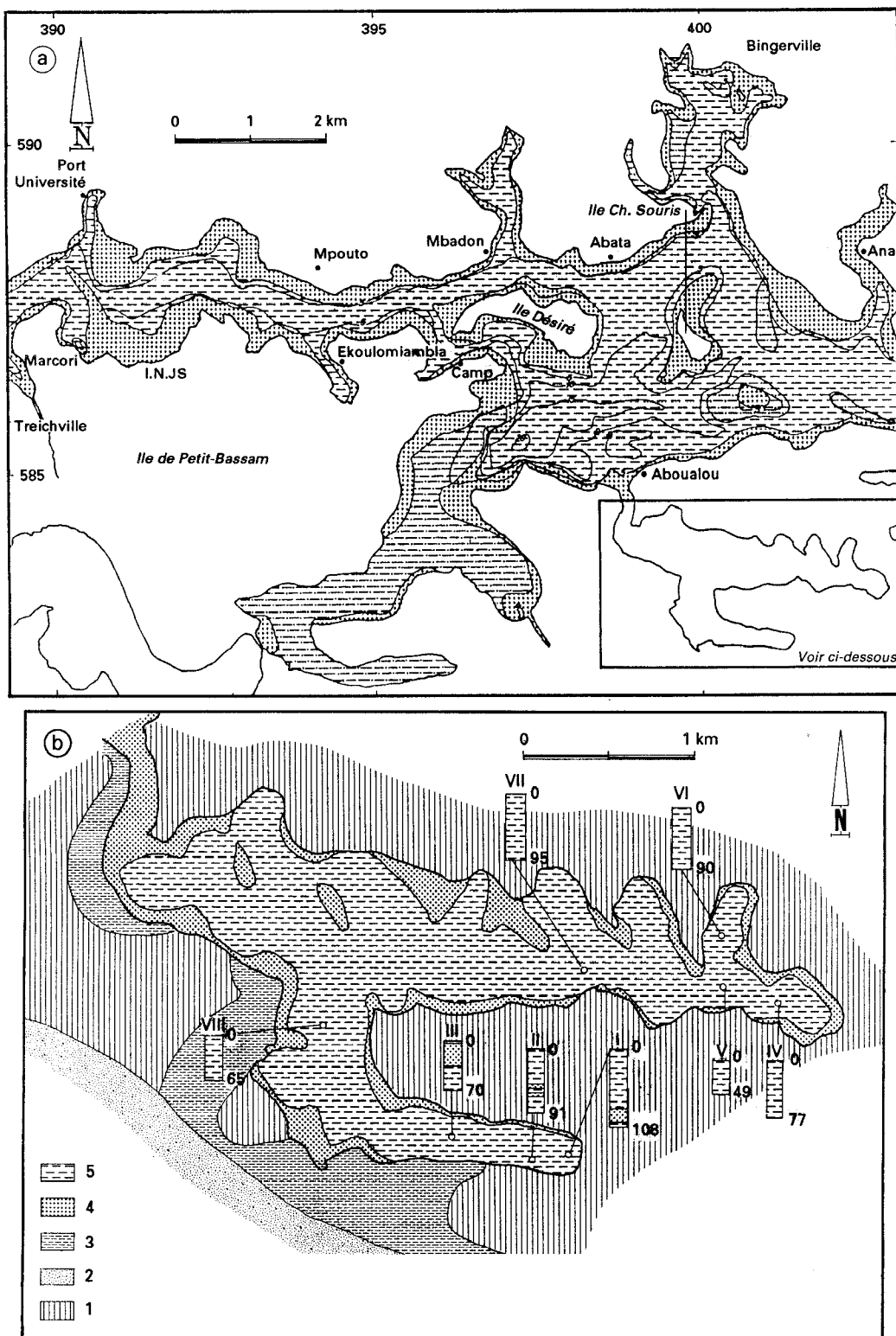


Figure 10

Carte sédimentologique de la lagune  bri  : a) région d'Abidjan   Bingerville, b) lagune Abou-Abou ;
 1, 2, 3- Formations encaissantes : 1- sables argileux ant holoc nes ; 2- sables des cordons holocènes ; 3- Holocène
 fluvio-lagunaire. 4- Sables du faciès granulométrique parabolique. 5- Vases du faciès granulométrique hyperbolique.

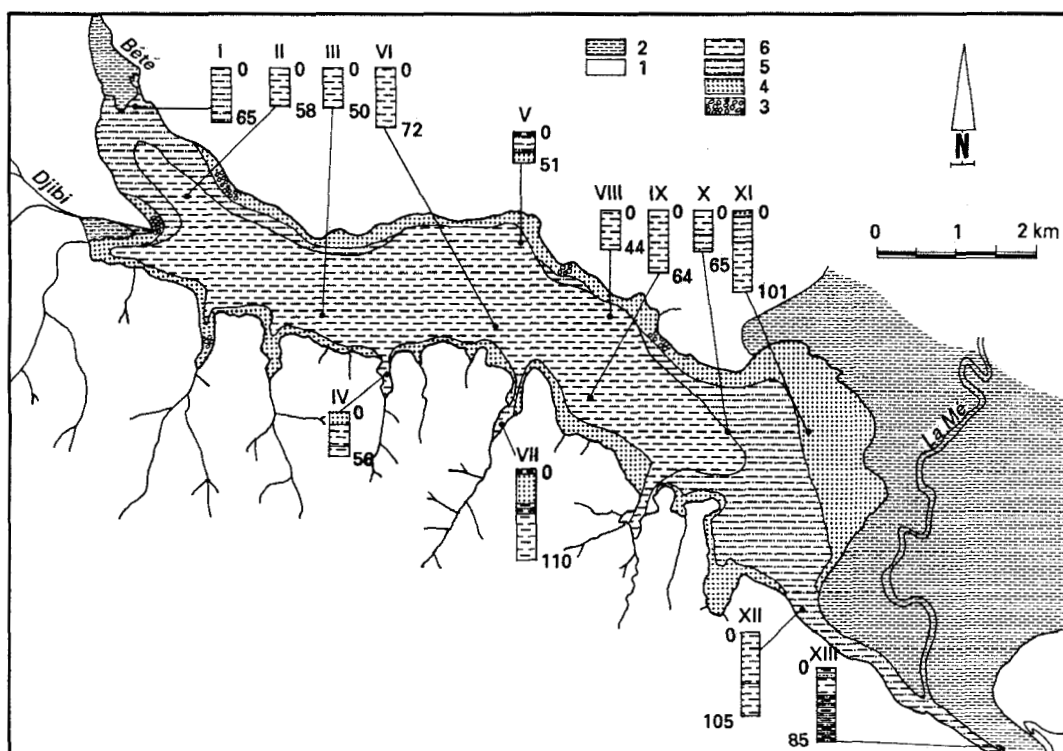


Figure 11

Cartes sédimentologiques de la lagune Aghien.

1 et 2- Formations encaissantes : 1- Miopliocène ; 2- Holocène fluvio-lagunaire. 3- Gravier. 4- Sables du faciès granulométrique parabolique. 5- Vases du faciès granulométrique logarithmique ou de mélanges. 6- Vases du faciès granulométrique hyperbolique.

être considérable (TASTET, 1979) : 39 m dans le forage du port d'Abidjan, 25 m en baie du Banco et 50 m ou plus dans la zone d'extension du port d'Abidjan à Azito.

Dans leur partie superficielle, l'étude des carottages courts montre que les vases passent latéralement aux sables des bordures par des alternances de sables et de vases ou par des faciès granulométriques de type 3 (fig. 11).

Dans les baies étroites et profondes, donc à flancs raides, comme dans la branche sud de la lagune Abou-Abou (fig. 11), on rencontre des alternances de sable et de vase. Dans ce cas, les pentes fortes (jusqu'à 20 % et plus) permettent l'écoulement occasionnel des sables jusque dans l'axe du talweg à 20 m de profondeur en période d'agitation du plan d'eau.

Dynamique et bilan sédimentaires

DYNAMIQUE SÉDIMENTAIRE

Les sédiments du système lagunaire Ébrié sont constitués d'une fraction organique et d'une fraction minérale à granulométrie variable.

La matière organique provient en grande partie de l'apport direct des débris végétaux supérieurs et des animaux et organismes planctoniques. Dans la zone réduite du fond (DUFOR et SLÉPOUKHA, 1975), cette matière organique se transforme en une crème organique et se trouve alors immobilisée plus ou moins durablement par adsorption sur les argiles et de ce fait susceptible de remaniement.

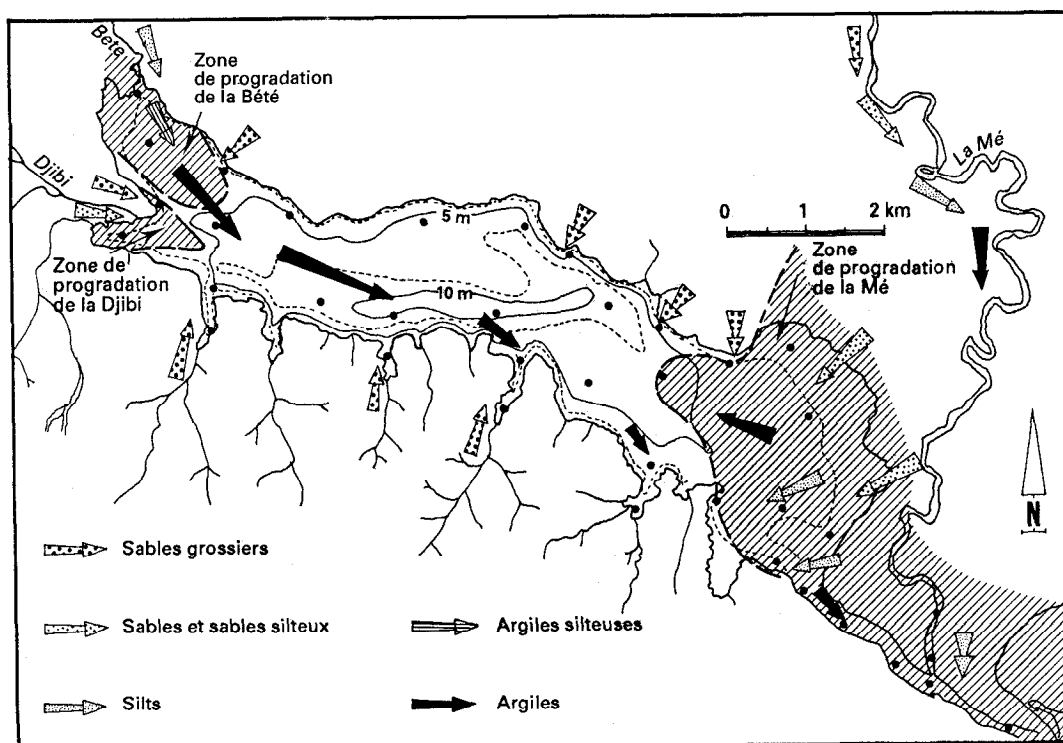


Figure 12

Modèle de dynamique sédimentaire : origine, nature et sens des apports terrigènes dans la lagune Aghien.

Les sables proviennent directement des formations sableuses encaissantes (hauts plateaux du Continental terminal, bas plateaux antéholocènes ou cordons sableux holocènes), soit par remaniement à partir des berges, soit par apport des rivières. Dans ce dernier cas, les sédiments sableux à sablo-silteux progradent dans la lagune. C'est le cas, en lagune Ébrié, de l'Agnéby et des petits marigots qui débouchent dans le fond des baies de la rive nord (Banco, Cocody, etc.). La zone de progradation de l'Agnéby a presque entièrement barré la lagune Ébrié ; on y observe des hauts-fonds inférieurs à 2,5 m qui prolongent, sous la lagune, le delta holocène émergé (marais de l'Agnéby). De leur côté, des dépôts holocènes de la Comoé ont pratiquement comblé l'extrémité orientale de la lagune (fig. 1). C'est dans cette zone de comblement que la Comoé se fraie un chemin en méandres. Les eaux de la Mé et du système Aghien-Potou maintiennent un chenal permanent vers le débouché épisodique de Grand-Bassam. Quand ce dernier est fermé, c'est le débit de la Comoé qui contribue à l'entretien de ce chenal en provoquant un phénomène d'inversion des courants dû à la mise en résonance des deux lagunes (TASTET, 1974).

En lagune Aghien (fig. 12), les sables proviennent aussi directement des formations sablo-argileuses du Continental terminal, dans lesquelles est encaissée la lagune, par un simple remaniement des berges pour la zone nord ou par les petites rivières à forte pente au sud. Les sédiments plus fins sont apportés par les rivières plus importantes : la Djibi, la Bété et surtout la Mé. Les alluvions de ces rivières se disposent selon des zones progradantes (fig. 11 et 12) au front desquelles se retrouvent des argiles silteuses. Ces zones de progradation des rivières prolongent sous le niveau de l'eau les dépôts émergés holocènes qui doivent donc procéder de la même origine. On peut penser alors que les alluvions de la Mé ont séparé la lagune Aghien de la lagune Potou à laquelle elle n'est plus reliée que par un chenal étroit. Ce chenal ne se comble pas car, d'une part, il constitue l'exutoire naturel des bassins versants alimentant la lagune Aghien et, d'autre part, il est le siège de courants intenses liés au phénomène de résonance de la marée mis en évidence par les études hydrologiques (TASTET, 1974).

Très souvent, les courants lagunaires peuvent remanier les dépôts sableux et constituer alors des bancs dont la forme dénote nettement l'origine hydrodynamique (par exemple, autour de l'île Désiré et de l'île aux Chauves-Souris, fig. 1, 2 et 10a). En général, les bords progradants de ces bancs sont abrupts (30° environ) dans le sens du courant principal qui les modèle (flot ou jusant), leur pente correspondant à la pente d'équilibre sous l'eau des sables.

Les particules fines minérales, essentiellement les argiles, arrivent en suspension, soit par les fleuves et les rivières, soit directement par le ruissellement qui lessive la partie superficielle des sols environnants. Cette origine fait que les turbidités observées ne sont pas liées uniquement au débit des fleuves mais dépendent aussi de la fréquence, de la violence et de la durée des averses. Dans le domaine lagunaire, la partie fine du sédiment peut s'enrichir considérablement en matière organique (cf. ce paragraphe).

Ces observations tendent à prouver que :

- ces particules fines flocculent rapidement dès leur arrivée en lagune et sur la totalité de sa surface ;
- il n'existe pas de masse d'eau fortement turbide à proximité du fond, même dans les zones présommées des nœuds de courant résiduel et, par conséquent, la sédimentation ne s'opère pas par l'intermédiaire d'un bouchon vaseux. Cependant, les particules fines et la matière organique qui leur est associée se concentrent dans l'axe des chenaux ; cette concentration est due au dépôt par décantation et au remaniement des zones de bordure par le clapot.

Par ailleurs, l'argument morphologique et les observations des modifications de zones draguées par le port prouvent que la remobilisation des sédiments vaseux récemment déposés sur le fond est très probable. La carte bathymétrique de la lagune montre que les zones les plus étroites du chenal principal sont souvent surcreusées comme, par exemple, en face de Petit-Badien ou de Goudoumé à l'ouest d'Abidjan (fig. 1). Ces surcreusements sont dus à une érosion liée à l'accélération des courants dans une zone de diminution de la section mouillée. Lorsque la section mouillée augmente, les courants diminuent et la zone est plus favorable au dépôt.

Les conditions hydrologiques mesurées en lagune comparées aux données théoriques et expérimentales sur la remobilisation des sédiments cohésifs (MIGNOT, 1977) prouvent que les mécanismes que nous venons de décrire sont parfaitement possibles.

En ce qui concerne le premier mécanisme d'écoulement des vases dans les chenaux, la pente d'équilibre des dépôts des sédiments fins dépendra de la concentration en sédiment et de la nature du milieu aqueux (MIGNOT, 1968, 1977). Les pentes des talwegs lagunaires atteignent facilement 4 %, ce qui correspond à l'angle d'équilibre de vase dont la concentration en particules est supérieure à $540 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ (MIGNOT, 1968). On peut donc penser que, sur de telles pentes, même en l'absence d'agitation due au clapot, les vases superficielles de la lagune Ébrié, dont la concentration ne dépasse pas $400 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$, pourront naturellement s'écouler dans les chenaux. Ce phénomène se produit d'autant mieux en période de clapot que ce dernier a la propriété de fluidifier les vases récemment déposées (MIGNOT, 1982). Il est à noter qu'une proportion de sable inférieure à 30 % dans les vases ne change pas de façon significative ces propriétés (MIGNOT, 1968, 1977). Enfin, les pentes d'équilibre des vases sont plus faibles en eau douce qu'en eau de mer et l'on peut donc penser que des remobilisations par ce mécanisme (écoulement le long des pentes) peuvent se produire préférentiellement en période de crue.

La remobilisation des vases sur le fond par les courants est liée à la valeur de la vitesse de frottement (U). Pour que le début de mise en suspension se produise, il suffit que U , qui correspond à $1/24$ de la vitesse moyenne de l'écoulement des eaux susjacentes, atteigne le seuil critique (MIGNOT *et al.*, 1968). Pour les vases de la lagune Ébrié, dont la concentration mesurée varie de 100 à $400 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$, les valeurs de U critiques sont de l'ordre de $0,5$ à $2,5 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$, valeurs en accord avec celles déterminées pour la Gironde (MIGNOT *et al.*, 1968 ; CORMAULT, 1971) ; cela correspond d'après les données de MIGNOT (1968) à des vitesses de courant allant de $0,15$ à $0,70 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ à 1 m de fond, vitesses qui sont souvent atteintes dans les chenaux (TASTET, 1974).

En résumé, les particules fines minérales se déposent, par simple décantation, sur l'ensemble de la lagune, en une « pluie » continue et non par l'intermédiaire d'un bouchon vaseux, d'autant plus loin de

leur source qu'elles sont plus fines. Elles se concentrent dans les chenaux par écoulement sur leurs pentes. Le clapot qui affecte les eaux superficielles (0 à 2,5 m) détermine le remaniement des dépôts fins des zones bordières peu profondes et leur redistribution vers les chenaux. Ces dépôts peuvent être remobilisés par les courants de marée, et ce plus facilement en période de crue qu'en étiage.

ESSAIS DE QUANTIFICATION

Le système Ébrié reçoit un apport d'eau douce global dont la variabilité annuelle est très élevée. Entre 1950 et 1985, cet apport a oscillé entre les valeurs extrêmes de $2,3 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ (1983) et $22,3 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ (1968), la moyenne étant de $6,3 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ (cf. I-4).

Déduction faite des apports par les pluies, estimés en moyenne à $1,0 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ (en prenant 1 920 mm comme pluviométrie moyenne annuelle pour la période 1950-1985 sur l'ensemble du plan d'eau), les apports hydriques fluviaux (constitués à plus de 75 % par la Comoé, DURAND et CHANTRAINE, 1982) ont oscillé durant cette même période entre $1,6 \cdot 10^9$ (1983) et $21,3 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ (1968) avec une moyenne de $8,4 \cdot 10^9 \text{ m}^3$. Les charges minérales et organiques des eaux fluviales et lagunaire sont en moyenne de 100 g par m^3 (MONNET, 1972 ; TASTET, 1974). En supposant que la moitié des éléments en suspension provient d'un remaniement local, on peut estimer les apports solides annuels au système lagunaire Ébrié à $0,08 \cdot 10^6 \text{ t}$ pour 1983, $1,06 \cdot 10^6 \text{ t}$ pour 1968 et en moyenne, entre 1950 et 1985, à $0,42 \cdot 10^6 \text{ t} \cdot \text{an}^{-1}$. On négligera les expulsions en mer qui ne représente que 2,5 à 3,0 g $\cdot \text{m}^{-3}$ (TASTET et al., 1991).

En supposant que la totalité de ces apports se dépose sur toute la surface lagunaire (566 km^2 pour l'ensemble du système Ébrié, Aghien et Potou compris), cela correspond à une sédimentation de 0,14 à $1,87 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{an}^{-1}$ (moyenne 0,74), soit, pour une densité moyenne du matériel sédimentaire de 2,5, à un taux de sédimentation de matériel sec de 0,06 à $0,75 \text{ mm} \cdot \text{an}^{-1}$ (moyenne 0,30).

La profondeur moyenne du système Ébrié (Aghien et Potou inclus) étant de 4,7 m, on peut donc estimer le « temps de remplissage » des lagunes à des valeurs comprises entre environ 6 300 et 78 300 ans (moyenne 15 700). Ces calculs peuvent apparaître purement spéculatifs ; ils fixent cependant des ordres de grandeur des phénomènes sédimentaires et montrent à l'évidence que le système actuel ne se comblera pas avant que n'interviennent d'importantes modifications eustatiques, conséquences inhérentes aux fluctuations climatiques d'origine orbitale.

Enfin, si l'on considère que la sédimentation détritique fine s'effectue uniquement sur les fonds supérieurs à 2,5 m, qui représentent 57 % de la surface lagunaire (PLANTE-CUNY, 1977), le taux moyen de sédimentation sur ces fonds doit être de $0,5 \text{ mm} \cdot \text{an}^{-1}$, valeur tout à fait comparable à celle que nous avons pu estimer sur certains dépôts varvés d'origine saisonnière.

Conclusion

Le système lagunaire Ébrié s'étale parallèlement au rivage, le long du littoral septentrional du golfe de Guinée. Il occupe une série de dépressions en partie guidées par la structure en demi rift de la marge stable africaine. Dans la région d'Abidjan, ces dépressions correspondent à d'anciennes vallées convergeant vers la tête du canyon sous-marin du Trou-sans-Fond.

Ces dépressions sont taillées dans les formations cénozoïques et quaternaires du bassin sédimentaire et isolées de la mer par des cordons sableux, marins, holocènes. Seul le canal artificiel de Vridi, entrée du port lagunaire d'Abidjan, relie la lagune à la mer de façon permanente. Alimenté en sédiments par le fleuve Comoé, de petites rivières côtières et le ruissellement dans les zones déboisées, le système lagunaire reçoit en moyenne environ $0,42 \cdot 10^6$ tonnes de suspensions par an.

Les sédiments se répartissent en fonction de la bathymétrie ; les sables tapissent les zones les moins

profondes et les vases se concentrent dans les chenaux. Cette disposition est due aux agents hydrodynamiques et en partie au clapot qui favorise l'écoulement des particules les plus fines sur les pentes, mêmes faibles, des talwegs lagunaires.

Une part variable (jusqu'à 50 %) de ces dépôts est de nature organique, la part minérale est constituée d'argile. La kaolinite domine à 70 ou 80 %, l'illite représente environ 15 à 20 % du cortège argileux et les interstratifiés illite-montmorillonite sont fréquents dans la lagune Ébrié.

La part des apports sédimentaires fluviaux expulsés en mer est inférieure à 10 %. De ce fait, la lagune Ébrié stocke environ $0,40 \cdot 10^6$ tonnes de sédiments par an avec un taux de sédimentation moyen de $0,5 \text{ mm} \cdot \text{an}^{-1}$ sur les fonds supérieurs à 2,5 m où se concentre la sédimentation actuelle.

RÉFÉRENCES

- AKA (K.) et TASTET (J.P.), 1986.— La sédimentation au Quaternaire supérieur sur la marge ivoirienne. *Bull. Inst. Géol. Bassin d'Aquitaine*, 40 : 97-153.
- BIDET (J.C.) et al., 1982.— L'approche géologique des environnements lagunaires. Cifeg éd., 103 rue de Lille, 75007 Paris.
- BLAREZ (E.), 1986.— La marge continentale de Côte-d'Ivoire - Ghana. Structure et évolution d'une marge continentale transformante. Thèse doct., 21 mars 1986, Univ. Paris-VI, 188 p.
- BOILLOT (G.), 1983.— Géologie des marges continentales. Paris, Masson, 139 p.
- CAUMETTE (P.), 1985.— Développement des bactéries phototrophes et des bactéries sulfato-réductrices dans des lagunes peu profondes et des lagunes stratifiées. Étude de leur rôle dans le cycle du soufre et dans la production de biomasse. Thèse doct., Univ. Aix-Marseille, 325 p.
- CARMOUZE (J.P.) et CAUMETTE (P.), 1985.— Les effets de la pollution organique sur les biomasses et activités du phytoplancton et des bactéries hétérotrophes dans la lagune Ébrié (Côte-d'Ivoire). *Rev. Hydrobiol. trop.*, 18 (3) : 183-211.
- Compagnie générale de Géophysique, 1953.— Étude géophysique par la méthode gravimétrique. Bassin sédimentaire de la Côte-d'Ivoire. Paris, Rapport G1 bis, juin 1952 - mars 1953, 51 p.
- Compagnie générale de Géophysique, 1954.— Étude géophysique sur la méthode sismique. Bassin sédimentaire de la Côte-d'Ivoire. Paris, Rapport S3 bis, décembre 1953 - avril 1954, 70 p.
- CORMAULT (P.), 1971.— Détermination expérimentale du débit solide d'érosion de sédiments fins cohésifs. In : Congrès de l'AI RH 14^e, 1971, Paris : D₂₋₁ - D₂₋₈.
- DEBYSER (J.), 1952.— Observations sur le milieu anaérobie de la lagune Ébrié. *C.R. Acad. Sci.*, (D), t. 235, 20 : 1238-1240.
- DEBYSER (J.), 1955.— Étude sédimentologique du système lagunaire d'Abidjan. *Rev. Inst. fr. Pêtr.*, 10, 5 : 319-334.
- DEBYSER (J.), 1959.— Contribution à l'étude géochimique des vases. Thèse Sci. Nat., Paris, Publ. Inst. Fr. Pêtr., 1961, 251 p.
- DUFOUR (P.) 1974.— Notre lagune en péril. L'écosystème lagunaire bouleversé par les interventions humaines. Ministère du Plan, Commission nationale de l'Environnement, Abidjan, *multigr.*
- DUFOUR (P.) et SIÉPOUKHA (M.) 1975.— L'oxygène dissous en lagune Ébrié : influence de l'hydroclimat et des pollutions. *Doc. Sc. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, VI (2) : 75-118.
- DURAND (J.R.) et CHANTRAINE (J.M.), 1982.— L'environnement climatique des lagunes ivoiriennes. *Rev. Hydrobiol. trop.*, 15 (2) : 85-113.
- GUIRAL (D.), 1983.— Physiochimie et biogéochimie des eaux et des sédiments à la station d'aquaculture de Layo (lagune Ébrié, Côte-d'Ivoire). *Doc. Sci. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, XIV (1) : 1-29.
- LANKFORD (R.R.), 1977.— Coastal lagoons of Mexico ; their origin and classification. In : M. Wiley (Ed.), *Estuarine processes*. Acad. Press, vol. 2 : 182-216.
- LEMASSON (L.), PAGES (J.), DUFOUR (P.) et CREMOUX (J.L.), 1981.— Matière organique particulaire et biomasse dans une lagune tropicale. *Rev. Hydrobiol. trop.*, 14 (3) : 191-212.
- LONG (T.), TASTET (J.P.), ASMUS (H.E.) et KLINGEBIEL (A.), 1989.— Sedimentary evidences of coastal evolution in South Brazil during the last 400,000 years. International Symposium Global Changes in South America during the Quaternary Past-Present-Future, Sao Paulo, May, 4 p.
- MARTIN (L.) et SUGUIO (K.), 1975.— The state of Sao Paulo coastal marine Quaternary geology : the ancient strandlines. International Symposium on the Quaternary, Curitiba, Anais Academia Brasileira de Ciencias, Rio de Janeiro, 47 : 249-263.

- MARTIN (L.), SUGUIO (K.), FLEXOR (J.M.), BITTENCOURT (A.C.S.P.) et VILAS-BOAS (G.S.), 1980.— Le Quaternaire marin brésilien (littoral pauliste sud-fluminense et bahianais). Dakar, *Bull. Ass. Sénég. et Quatern. Afr.*, 51 : 49-73.
- MIGNOT (C.), 1968.— Étude des propriétés physiques de différents sédiments très fins et de leur comportement sous des actions hydrodynamiques. Grenoble, *La Houille Blanche*, 7 : 591-620.
- MIGNOT (C.), 1977.— Action des courants, de la houle et du vent sur les sédiments. Grenoble, *La Houille Blanche*, 1 : 9-47.
- MIGNOT (C.), 1982.— Étude de la dynamique sédimentaire marine, fluviale et estuarienne. Thèse Sc. Nat., Univ. Paris-Sud, Orsay.
- MIGNOT (C.), LARSONNEUR (C.) et DANGEARD (L.), 1968.— Étude expérimentale de l'érosion par les courants de dépôts vaseux plus ou moins concentrés. *C.R. Acad. Sci.*, (D), t. 266 : 441-444.
- MONNET (C.), 1972.— Contribution à l'étude de la dynamique et de la nature des suspensions d'un fleuve intertropical, le Bandama, Côte-d'Ivoire : évolution des éléments chimiques des eaux de son estuaire. Thèse Sc. nat., Nice, 1972. Paris, Orstom, 427 p.
- NICKOLS (M.) et ALLEN (G.), 1981.— Sedimentary processes in lagoons. In : Coastal lagoon Research, present and future. Proceedings of a seminar, Duke University, August 1978 (Unesco, IABO). *Unesco technical papers in Marine Science*, 33.
- PASSEGA (R.) et BYRAMJEE (R.), 1969.— Grain-size image of clastic deposits. Amsterdam, *Sedimentology*, vol. 13 : 233-252.
- PLANTE-CUNY (M.R.), 1977.— Pigments photosynthétiques et production primaire du microphytobenthos d'une lagune tropicale, la lagune Ébrié (Abidjan, Côte-d'Ivoire). *Cah. Orstom, Sér. Océanogr.*, 15 (1) : 3-25.
- RIVIÈRE (A.), 1952 a.— Sur la présentation graphique de la granulométrie des sédiments meubles. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (6), t. 2 : 145-154.
- RIVIÈRE (A.), 1952 b.— Expression analytique générale de la granulométrie des sédiments meubles. Indices caractéristiques et interprétation géologique. Notions de faciès granulométriques. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (6), t. 2 : 155.
- RIVIÈRE (A.), 1977.— Méthodes granulométriques. Techniques et interprétations. Paris, Masson, 71 p.
- Société africaine des Pétroles, 1961.— Rapports techniques et géologiques des forages géologiques et d'exploitation effectués par la Société africaine des Pétroles. Dakar (rapport).
- TASTET (J.P.), 1971.— Le contexte géologique du site d'Abidjan. *Ann. Univ. Abidjan, Série G*, t. 3 : 225-246.
- TASTET (J.P.), 1974.— L'environnement physique du système lagunaire Ébrié. Univ. Abidjan, *Série Documentation, Dép. Sc. de la Terre*, n° 11, 2 t., 28 p.
- TASTET (J.P.), 1979.— Environnements sédimentaires et structuraux quaternaires du littoral du golfe de Guinée (Côte-d'Ivoire, Togo, Bénin). Thèse doct., Univ. Bordeaux-I, n° 621, 2 t., 181 p.
- TASTET (J.P.), 1985.— Le littoral ivoirien : géologie, morphologie, dynamique. *Ann. Univ. Nation. C.I.*, Série C., t. XXI-B : 189-218.
- TASTET (J.P.), MARTIN (L.) et AKA (K.), 1993.— Géologie et environnements sédimentaires de la marge continentale de Côte-d'Ivoire. In : P. Le Loeuff, É. Marchal, J.B. Amon Kothias (éd.), *Environnement et ressources aquatiques de Côte-d'Ivoire. I. Le milieu marin*. Paris, Orstom : 23-61.
- Unesco, 1980.— Coastal lagoon survey. Paris, *Unesco technical papers in Marine Science*, 31.
- VARLET (F.), 1978.— Le régime de la lagune Ébrié (Côte-d'Ivoire). Paris, *Trav. Doc. Orstom*, 83.
- VILLVOCK (J.A.), 1984.— Geology of the coastal Province of Rio Grande do Sul, Southern Brazil. A synthesis. Porto Alegre, *Pesquisas*, 16 : 5-49.