

# Nouvelles données sur la stratigraphie et le milieu de sédimentation des formations volcano-sédimentaires quaternaires de la région de Patiayam (Java - Indonésie)

Yahdi ZAIM<sup>(1)</sup>, Mireille DELAUNE<sup>(2)</sup>

---

**Résumé :** *Le dôme de Patiayam, situé au pied du volcan Muria (nord de Java), dans un domaine d'arrière-arc, forme un ensemble de collines constituées essentiellement de dépôts « volcano-sédimentaires » continentaux, de brèches lahariques et d'argiles marines.*

*L'analyse sédimentologique de quatre coupes levées dans ces formations, ainsi que la datation des éléments des brèches et de dykes intrusifs, nous ont permis de proposer une chronostratigraphie de ces dépôts et de définir le milieu de sédimentation, du Mio-Pliocène au Pléistocène moyen.*

*La sédimentation marine argileuse du Mio-Pliocène évolue d'un milieu littoral ouvert vers un milieu lagunaire confiné, qui est contemporain du dépôt de la série fine « volcano-sédimentaire », dont les faciès sédimentaires sont marécageux (ou palustres) à l'ouest, fluvio-deltaïques à l'est.*

*La série grossière, qui la surmonte, correspond à un cône alluvial distal, anastomosé; elle traduit un processus de progradation du domaine continental sur le domaine marin. L'activité volcanique shoshonitique de Patiayam commence à 2 Ma et est contemporaine du niveau inférieur des argiles marines. Pendant le Pléistocène inférieur (0,9 Ma) ce volcan était encore actif et contemporain du début de l'activité du Muria (Muria I à laves saturées et potassiques). Les activités des deux volcans se poursuivent pendant le dépôt des formations volcano-sédimentaires dont les matériaux proviennent de l'érosion du Muria.*

**Mots-clés :** Volcano-sédimentaire - Milieu fluvial - Quaternaire - Indonésie.

**Abstract :** **Stratigraphy and paleogeography of the quaternary volcano-sedimentary formations of Patiayam (Northern Java, Indonesia).** *The Patiayam dome is part of a group of hills mostly made out of continental volcano-sedimentary deposits, laharic breccias and marine clays. They are located in a back-arc domain, close to Muria Volcano (Northern Java).*

*Four sections have been sampled in these formations. Results of sedimentological analysis of these samples and of dating of breccia elements and of dykes they contain, have allowed us to establish the chrono-stratigraphy of these deposits and to define the conditions of sedimentation from Mio-Pliocene to Middle Pleistocene ages.*

*Mio-Pliocene marine sedimentation of clays evolves from open to closed lagoon conditions, the latter being contemporaneous to deposition of the série fine (Fine Series) in the volcano-sedimentary deposits. The facies of this series are marshy (or palustrine) to the west and fluvial-deltaic to the east. This series is capped by another series called série grossière (Coarse Series) which corresponds to a distal cone of alluvial junction, representative of progradation of continental over marine domain.*

---

(1) Dept. of Geology, Institute of Technology, (ITB), J.L. Ganesa n° 10, Bandung 40135 - Indonesia.

(2) Laboratoire de Sédimentologie, ORSTOM, 72, route d'Aulnay, 93143 Bondy cedex, France.

*The shoshonitic volcanic activity of Patiyam was initiated about 2 Ma ago and corresponds to the lower level of marine clays. During Lower Pleistocene (0.9 Ma), this volcano was still in activity and contemporaneous with the beginning of activity at Muria volcano (Muria I, producing saturated and potassic lavas). The activity of both volcanoes continued during deposition of the volcano-sedimentary formation elements which originated from erosion of Muria volcano.*

**Key words :** Volcaniclastic sediments - Fluvial environment - Quaternary - Indonesia - Java - Patiyam.

**Resumen :** **Estratigrafía y palerogeografía de las formaciones volcanosedimentarias cuaternarias de Patiyam (Nore de Java, Indonesia).** *En la costa norte de Java, al pie del volcán Muria, el monte de Patiyam forma un conjunto de colinas constituidas de depósitos volcanosedimentarios continentales, de brechas volcánicas y de arcillas marinas. El análisis sedimentológico de cuatro cortes tomados de esas formaciones, así como la datación de los elementos de brechas y de diques intrusivos, nos han permitido proponer una cronoestratigrafía de los depósitos continentales y de definir el medio de sedimentación, a partir del mio-plioceno al pleistoceno medio. La sedimentación marina argilosa del mio-plioceno evoluciona en un medio litoral abierto hacia un medio litoral confinado, siendo contemporáneo del depósito de la serie fina « volcano-sedimentaria », donde las capas sedimentarias son marecallósas (palustres) en el oeste y fluvio-deltaicas en el este. La serie gruesa de cuarzo que la releva, corresponde a un cono aluvial distal anastomosado; esta traduce un proceso de progradación del ámbito continental sobre el ámbito marino. La actividad volcánica shoshonítica del Patiyam comienza a 2 Ma y es contemporánea del nivel inferior de los argilos marinos. Durante el pleistoceno medio (0.9 Ma) ese volcán estaba todavía en actividad, siendo contemporáneo del inicio de la actividad del Muria (Muria I con lavas saturadas y potásicas). Las actividades de los dos volcanes continúa durante el depósito de formaciones volcano sedimentarias, cuyas materiales provienen de la erosión del Muria.*

**Palabras claves :** Volcanosedimentario - Medio aluvial - Mio-Plioceno - Pleistoceno - Indonesia.

## INTRODUCTION

L'île de Java fait partie de l'arc volcanique interne de la Sonde; les dépôts « volcano-sédimentaires » y couvrent des surfaces importantes et leur étude permet de mieux suivre les processus de sédimentation en relation avec l'évolution de l'activité volcanique. L'intérêt que présentent ces formations est renforcé par le fait que, dans ces régions, elles renferment très souvent des restes de mammifères, des fossiles humains et une industrie préhistorique. Des gisements ont été trouvés dans la formation « volcano-sédimentaire » de Pucangan à Pening et Kedungbrubus (est de Java), (DUYFJES, 1938; BEMMELEN, 1949; ZAIM, 1981 et SARTONO, 1983, 1984), ainsi que dans notre zone d'étude, la région de Patiyam (VAN ES, 1931; BEMMELEN, 1947, 1949; Equipe de P4N (1), 1978 et SEMAH, 1984).

Il faut également souligner que, depuis le Quaternaire ancien, le tiers de la superficie de Java est occupé par des volcans et que leurs produits recouvrent presque toute l'île. Leur étude sédimentologique et minéralogique est donc d'un grand

intérêt pour suivre l'influence du volcanisme sur le paysage et la géomorphologie et pour mieux définir l'environnement de l'homme au Quaternaire ancien. Nous avons centré notre étude sur le dôme de Patiyam, au pied du volcán Muria, dans la partie centrale de Java, pour les raisons évoquées ci-dessus et pour le fait qu'il n'a pas donné lieu, jusqu'à présent, à des études très détaillées; enfin, il pose des problèmes d'ordre stratigraphique et chronologique.

## APERÇU SUR LA GÉOLOGIE DU VOLCÁN MURIA ET DE PATIAYAM

### Situation géographique

Le volcán Muria et le dôme de Patiyam sont situés sur la côte nord et dans la partie centrale de Java (fig. 1). Cette région est séparée de la zone montagneuse de Rembang par une plaine d'alluvions récentes: la ligne Semarang - Demak - Kudus - Rembang. Cette plaine était jusqu'au 16<sup>e</sup> siècle un détroit qui séparait l'île de Muria de l'île principale de Java représentée par la chaîne montagneuse de

(1) P4N : Centre national de recherches archéologiques d'Indonésie.

Rembang. Jusqu'à son comblement, ce détroit était très important pour la navigation et le commerce (VAN BEMMELEN, 1949).

### Géologie du volcan Muria

Le volcan Muria s'est édifié pendant le Pléistocène comme en témoignent les produits volcaniques et les brèches accumulés pendant cette période (BANDDET *et al.*, 1986). Le cône volcanique est disséqué par des failles orientées principalement nord-sud et les trois principaux sommets culminent entre 1552 et 1604 mètres. Les premières études sur la géologie et la pétrologie du volcan Muria ont été menées par les Hollandais (VAN BEMMELEN, 1937, 1942, 1949; BOOMGART, 1942; FERMIN, 1942; KUIPER, 1942; TERBRUGGEN, 1942). Ils ont décrit des roches à leucite (téphrites et basanites à leucite) et des trachyandésites. Les études pétrologiques les plus

récentes concernant le magmatisme du Muria sont celles de WHITFORD (1975), WHITFORD and NICHOLLS (1976), NICHOLLS and WHITFORD (1983), MAURY *et al.* (1987), YUWONO (1987) et BELLON *et al.* (1987). Elles montrent que ce volcan a présenté deux épisodes magmatiques différents : le Muria I, le plus ancien, saturé et potassique et le Muria II ultra-potassique et sous-saturé (leucite).

### Le dôme de Patiayam

Le dôme de Patiayam est situé à environ 20 km au sud - sud-est du cratère du Muria (fig. 2). Il est formé de collines irrégulières, disséquées par une forte érosion. Le sommet le plus élevé est le Gunung Patiayam (350 m) au centre du dôme. Du point de vue géomorphologique cette région forme un dôme anticlinal (VAN ES, 1931) pour lequel plusieurs hypothèses génétiques ont été formulées. JUNGHUHN (1857 *in* VANES, 1931) décrit cette région

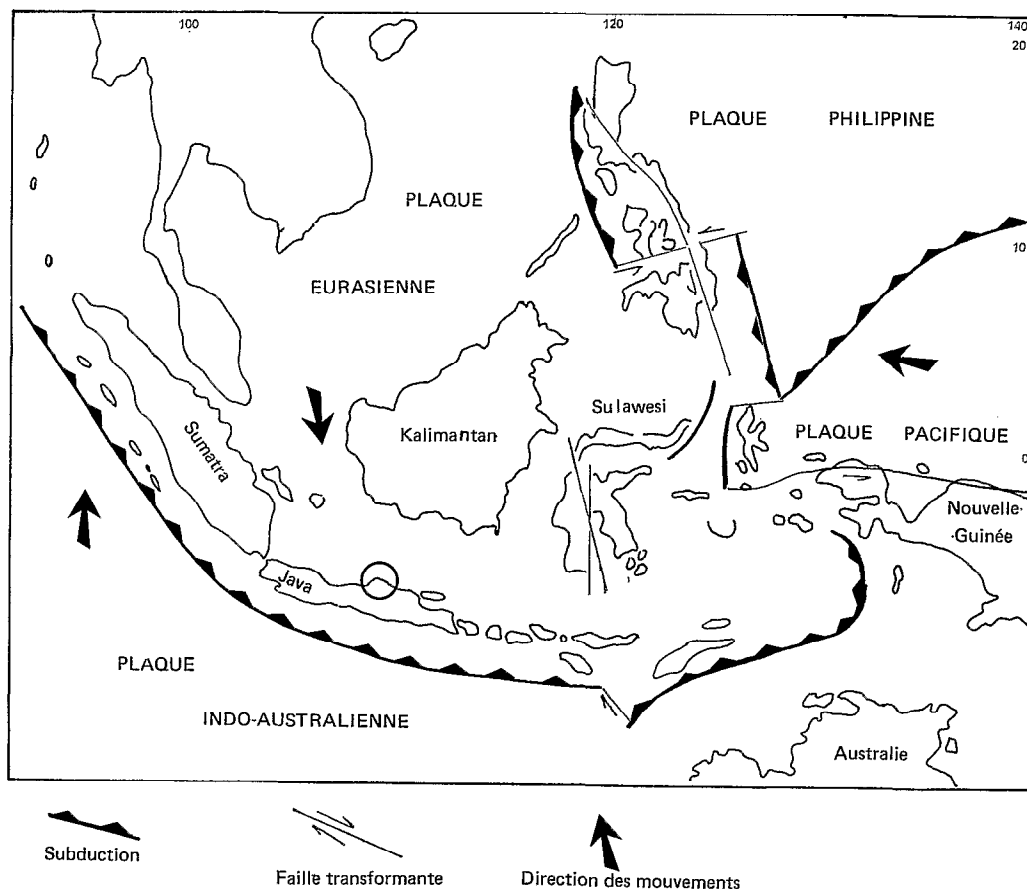


Fig. 1. — Localisation de la zone étudiée dans l'archipel indonésien.  
Localisation of the studied area in the Indonesian Archipelago.

comme une montagne tertiaire plissée tandis que VERBEECK et FENNEMA (1896 *in* VAN ES, 1931) ont considéré que Patiayam formait un petit volcan indépendant. Enfin, selon BEMMELEN (1937), la formation du dôme de Patiayam serait liée à l'activité volcano-tectonique du Muria. Les structures de cette région sont de type anticlinal avec des failles normales. L'axe anticlinal est orienté est-ouest, ainsi que les couches sédimentaires qui présentent un faible pendage (5° à 25°). La géologie et la stratigraphie de la région de Patiayam ont d'abord été étudiées par VAN ES (1931). Les sédiments rencontrés sont des argiles marines à mollusques, des brèches volcaniques et des conglomérats, des tufs et grès tufacés à restes de mammifères, des argiles noires à mollusques (*Paludina javanica*, VAN DER BOSCH) et des agglomérats. Ces formations se sont déposées depuis le Pliocène jusqu'à l'Holocène. Puis, l'équipe de PAN (1978) a subdivisé les sédiments du dôme de Patiayam en cinq grandes formations (tabl. I) :

- la formation de Jambe (argiles marines);
- la formation de Kancilan (brèches volcaniques);

- la formation de Slumprit (grès et sables à lentilles conglomératiques et à restes de mammifères);
- la formation Kedungmojo (tufs et sables tufacés à lentilles conglomératiques et restes de mammifères);
- la formation Sukobubuk (agglomérats).

### NOUVELLES DONNÉES SÉDIMENTOLOGIQUES ET STRATIGRAPHIQUES

Quatre coupes ont été levées dans la région de Patiayam (fig. 3) :

- la coupe de Kancilan, le long de la rivière de Kancilan;
- la coupe de Slumprit, sur les flancs de la colline de Slumprit;
- une troisième coupe se situe dans la vallée du hameau de Sudo;
- enfin, la coupe de Jambe, levée le long de la rivière de Jambe.

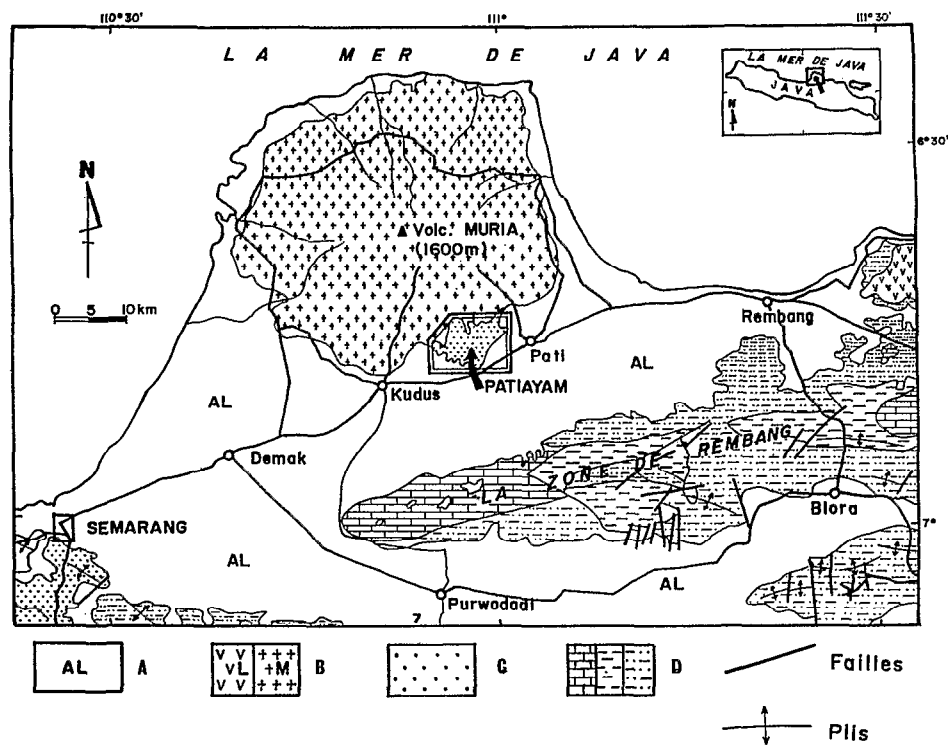


Fig. 2. — Carte géologique de la côte nord de Java, partie centrale (d'après le Direktorat geologi Indonesia, 1973, et PRINGGOPRAWIRO, 1983).

A - Alluvions récentes. B - Volcanisme quaternaire (L : Lasem - M : Muria). C - « Volcano - sédimentaire » quaternaire. D - Sédiments marins, tertiaires (calcaires, marnes et marnes sableuses).

Geological map of the Northern Coast of Central Java (after Direktorat geologi Indonesia, 1973; PRINGGOPRAWIRO, 1983).

Tableau I  
Nouvelle stratigraphie du Quaternaire ancien de la région de Patiayam  
*Proposal of a new stratigraphy for the late Quaternary of the Patiayam region*

AUTEURS			VAN ES (1931)	EQUIPE DU P4N (1978)	CET ARTICLE
AGE					
HOLOCENE				Alluvions récentes	Alluvions récentes
Q U A T E R N A I R E	P l é i s t o c è n e	S	Conglomérats et tufs	Agglomérats (Fm. SUKOBUBUK)	Fm. SUKOBUBUK
		M	Grès, conglomérats, argiles	Tufs et sables tufacés (Fm. KEDUNGMOJO)	SERIE GROSSIERE (SG) (Fm. Kedungmojo)  SERIE FINE (SF) (Fm. Slumprit)
		I		Grès tufacés (Fm; SLUMPRIT)	Brèches lahariques (Fm. KANCILAN)
T E R T I A I R E	P l i o c è n e	S	Brèches volcaniques et argiles lacustres	Brèches volcaniques (Fm. KANCILAN)	"hiatus"
		M		Fm. JAMBE	Argiles marines (Fm. JAMBE)
		I	Argiles marines	Argiles lacustres	
	M i o c è n e	S		Argiles marines	
		M			
		I			?

### La coupe de Kancilan

Située dans la partie centrale de la région étudiée elle est caractérisée par une importante série de brèches lahariques (la « formation de Kancilan » de l'équipe P4N). Ces brèches sont formées de fragments anguleux à subanguleux, parfois arrondis, emballés dans une matrice argileuse et tufacée. La taille des fragments varie de 2 cm à plus de 20 cm; ils sont très mal triés. D'après la classification de WRIGHT et BOWES (1963), ce serait des brèches lahariques épicycliques (coulées de boue) à caractères remaniés où la matrice argileuse représente plus de 50 % de la roche (MATHISEN et VONDRA, 1983).

En fonction de la nature de la matrice et des relations

entre les fragments nous avons distingué deux types de brèches :

— Des brèches à éléments presque jointifs et nettement prépondérants par rapport à la matrice qui est sableuse tufacée et représente moins de 50 % de l'ensemble. Ce sont des coulées de débris au sens de MATHISEN et VONDRA (1983). Ces brèches sont recoupées par deux dykes intrusifs ayant respectivement, 4 et 10 m d'épaisseur, et qui affleurent près du village de Ngrangit, dans la vallée de Kancilan (fig. 3).

— Le second type de brèches montre au contraire, une prépondérance de la matrice sur les éléments clastiques. Ce sont des coulées de boue (MATHISEN et VONDRA, 1983) et la matrice, qui représente plus de 50 % de l'ensemble, est formée d'argiles et de sables tufacés.

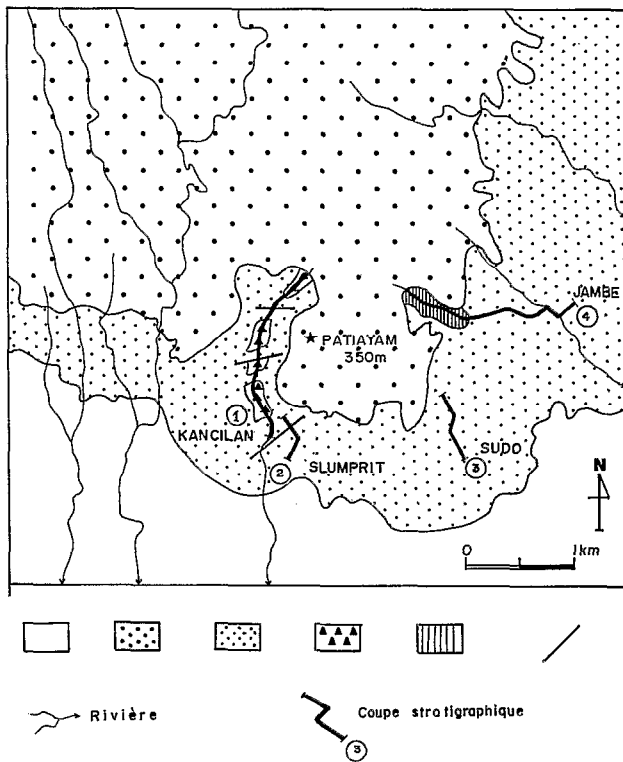


Fig. 3. — Carte géologique de la région de Patiayam et localisation des coupes (d'après l'équipe du P4N, 1978).  
 A - Alluvions récentes. B - Agglomérats (Pléistocène supérieur).  
 C - « Volcano-sédimentaire » (Pléistocène moyen). D - Brèches volcaniques lahariques (Pléistocène inférieur). E - Argiles marines (Miocène supérieur - Pliocène supérieur). F - Coupes.

*Geological map of Patiayam area (after Equipe P4N, 1978).*

Dans ce second type de brèches nous avons parfois observé un granoclassement normal qui serait le résultat d'un écoulement par inertie.

Les datations effectuées sur les fragments de roches volcaniques (BANDET *et al.*, 1986; BELLOW *et al.*, 1987) donnent un âge proche de 0,9 Ma (Pléistocène inférieur) pour la partie sommitale de ce niveau de brèches. Les dykes, âgés de  $0,5 \pm 0,08$  Ma (début du Pléistocène moyen) sont plus récents (BELLON *et al.*, 1987). Enfin, les éléments volcaniques des brèches et les dykes ont une composition shoshonitique (BELLON *et al.*, 1987; ZAIM, 1989). Ces brèches passent brutalement à des sédiments plus fins, argilo-limoneux, comprenant deux unités :

- sur 25 m sédimentation à dominance argileuse;
- sur 7 m une sédimentation plus grossière, argilo-sableuse.

L'unité 1 comprend, de bas en haut : un banc de tuf silicifié, de 40 cm d'épaisseur, de couleur brune,

puis un banc de grès à granoclassement normal, et, enfin, sur 24 m, une sédimentation fine d'argiles noires, massives, à mollusques d'eau douce (*Paludina javanica*, VAN DER BOSCH). On note de petites récurrences sableuses.

L'unité 2 est une alternance de bancs de grès, fins à grossiers, à stratifications entrecroisées ou à laminites. La coupe se termine par un banc de grès à lentilles conglomératiques.

### La coupe de Slumprit

Contrairement à la coupe précédente les brèches sont, ici, très peu représentées. On retrouve les deux unités décrites ci-dessus : la première présente une texture fine et elle est suivie d'une série à texture plus grossière.

1. Séquence fine (sur 48 m). La coupe débute par un banc de sable noir, induré, de 20 cm d'épaisseur, reposant sur les brèches lahariques par une surface d'érosion. Puis, sur 40 m, on retrouve la sédimentation argileuse noire à mollusques d'eau douce, décrite dans la coupe précédente et comprenant, sur les 16 premiers mètres, de petits bancs de tufs remaniés.

2. La série grossière (28 m d'épaisseur) comprend trois séquences sableuses avec lentilles conglomératiques; chaque séquence est formée, à la base, de sables fins à moyens à stratifications entrecroisées de grande amplitude; ils passent à des sables fins, à laminations parallèles, renfermant vers le sommet de la séquence des lentilles de graviers. La première séquence de cette série grossière repose sur la série fine par une surface d'érosion. La seconde séquence (8 m) présente un plus grand nombre de lentilles conglomératiques. Puis, sur 10 m, on rencontre un banc de sable à texture massive avec des niveaux présentant des stratifications entrecroisées, suivi par des bancs, peu épais, de sables fins à laminites reposant sur le banc sableux, massif, précédent par une surface d'érosion.

### La coupe de Sudo

Les brèches lahariques ne sont plus visibles sur cette coupe qui ne comprend que des séries à granulométrie fine (sables et limons) sur 24 m. De bas en haut, on rencontre :

1. Une séquence fine :
  - banc de sable grossier, massif, mal trié (4 m);
  - sur 5 m, une alternance de sables fins et de limons argileux, entrecoupés de lentilles de sables grossiers;
  - sur 6 m, une série plus grossière avec des bancs de sables fins et des tufs remaniés et silicifiés;

— sur 2 m, sédimentation de texture fine avec des alternances de limons et de petits bancs sableux.

2. Une séquence grossière : elle comprend, comme dans la coupe de Slumprit, trois unités de 2 à 1,5 m d'épaisseur chacune débutant par des dépôts grossiers (graviers) qui passent à des sables à texture massive, puis à stratifications entrecroisées et laminées. La coupe se termine par 5 m d'alternances de sables moyens à laminées et d'interbancs limoneux.

### La coupe de Jambé

La base de cette coupe est formée d'une sédimentation marine, argileuse, homogène, de couleur bleu grisâtre, renfermant parfois des nodules calcaires (la « formation de Jambé » de l'équipe P4N). La coupe débute par un niveau de brèches dont les fragments anguleux à subanguleux sont comparables à ceux des brèches lahariques des coupes de Kancilan et Slumprit. Leur composition est également shoshonitique. Lui fait suite une argile bleu grisâtre, carbonatée, plastique, massive, riche en foraminifères; elle contient de la glauconie et des traces de pyrite et est séparée du premier niveau de brèches par une couche d'argile sableuse de 90 cm d'épaisseur. Les foraminifères présents dans ces argiles ainsi que dans la matrice des brèches inférieures ont permis de préciser l'âge de ces dépôts<sup>(1)</sup>.

Les associations faunistiques rencontrées montrent que ces argiles sont déposées pendant une période allant du Miocène supérieur au Pliocène terminal (N16 - N21 de la zonation de BLOW, 1969). Cet âge est en accord avec celui proposé par l'équipe de P4N (1978) et par ZAIM et HADIWASATRA (1983). La présence de foraminifères benthiques et de glauconie laissent supposer que le milieu de dépôt de ces argiles correspondrait à une zone littorale ouverte (moins de 200 m de profondeur).

Puis on rencontre un second niveau de brèches dont les fragments ont une composition identique à celle des laves du Muria II, datées 0,5 Ma (Pléistocène moyen, BELLON et al., 1987); ce sont des roches ultrapotassiques sous-saturées à leucite. Les argiles qui surmontent le second niveau de brèches sont gris sombre, carbonatées, plastiques et riches en pyrite framboïdale. Nous n'y avons trouvé ni foraminifères, ni glauconie et la sédimentation de ce niveau argileux supérieur se serait faite vraisem-

blablement dans un milieu confiné de type lagune. Un problème de continuité chronostratigraphique entre ces deux niveaux argileux se trouve ainsi posé : le plus ancien se serait déposé pendant une période allant du Miocène supérieur au Pliocène supérieur en fonction des déterminations de la microfane. Il est séparé de la couche argileuse supérieure par un niveau de brèches qui est probablement contemporain de l'activité du volcan Muria II, datée du Pléistocène moyen (MAURY et al., 1987; BELLON et al., 1987). Il existerait donc un hiatus assez long à ce niveau. Cependant, nous n'avons pas trouvé de marque évidente de discontinuité sur le terrain et ce point mériterait d'être précisé par de nouvelles études chronologiques.

Ces sédiments marins sont recouverts par des formations grossières d'origine continentale, homologues de celles observées dans les coupes précédentes; quatre séquences ont été identifiées.

Ces séries continentales débutent par un banc (2 m) de sables moyens à stratifications entrecroisées passant à des sables fins à laminations parallèles.

Puis on observe :

- deux séquences granodécroissantes allant de conglomérats à des sables et des sables argileux;
- une séquence de 2 m d'épaisseur, débutant par des graviers et montrant une alternance de sables grossiers et de sables fins à laminées;
- la séquence terminale (3,2 m) débute par des conglomérats; leur font suite des sables à laminées, puis une épaisse série de sables massifs à texture grossière.

### Les formations volcano-sédimentaires

Nous retrouvons dans ces quatre coupes les formations définies par l'équipe de P4N : argiles marines (formation de Jambé), brèches lahariques (formation de Kancilan) et dépôts volcano-sédimentaires.

Ces derniers avaient été subdivisés en deux unités par l'équipe de P4N (1978) : la formation de Slumprit à la base et la formation de Kedungmojo à la partie supérieure.

En réalité, cette subdivision est difficile à mettre en évidence car, sur le terrain, nous n'avons pas observé de différences lithologiques très marquées entre ces formations qui sont, toutes deux, des produits d'altération et d'érosion de matériel volcani-

(1) Cinq échantillons provenant des argiles et de la matrice des brèches ont été analysés par le Laboratoire de micropaléontologie de l'Institut indonésien du pétrole et du gaz (Laboratorium Mikropaleontologi LEMIGAS Lembaga Minyak dan Gas Bumi, Indonesia, Jakarta). Les espèces les plus abondamment représentées sont : *Globigerinoides ruber*, *Gd.inflata*, *Globigerina praebulloides*, *Globobulimina altispira*, *Pulleniatina obliqueloculata*, *Pl. primalis*.

que. Aussi, nous proposons de les regrouper sous le terme de *formation volcano-sédimentaire*.

Cependant, en fonction de la granulométrie des différentes séquences, nous avons mis en évidence, de bas en haut (tabl. I) :

- une série fine (SF);
- une série grossière (SG).

La rythmicité de certains dépôts, notamment au niveau de la *série grossière*, et la présence de structures sédimentaires variées dans les deux

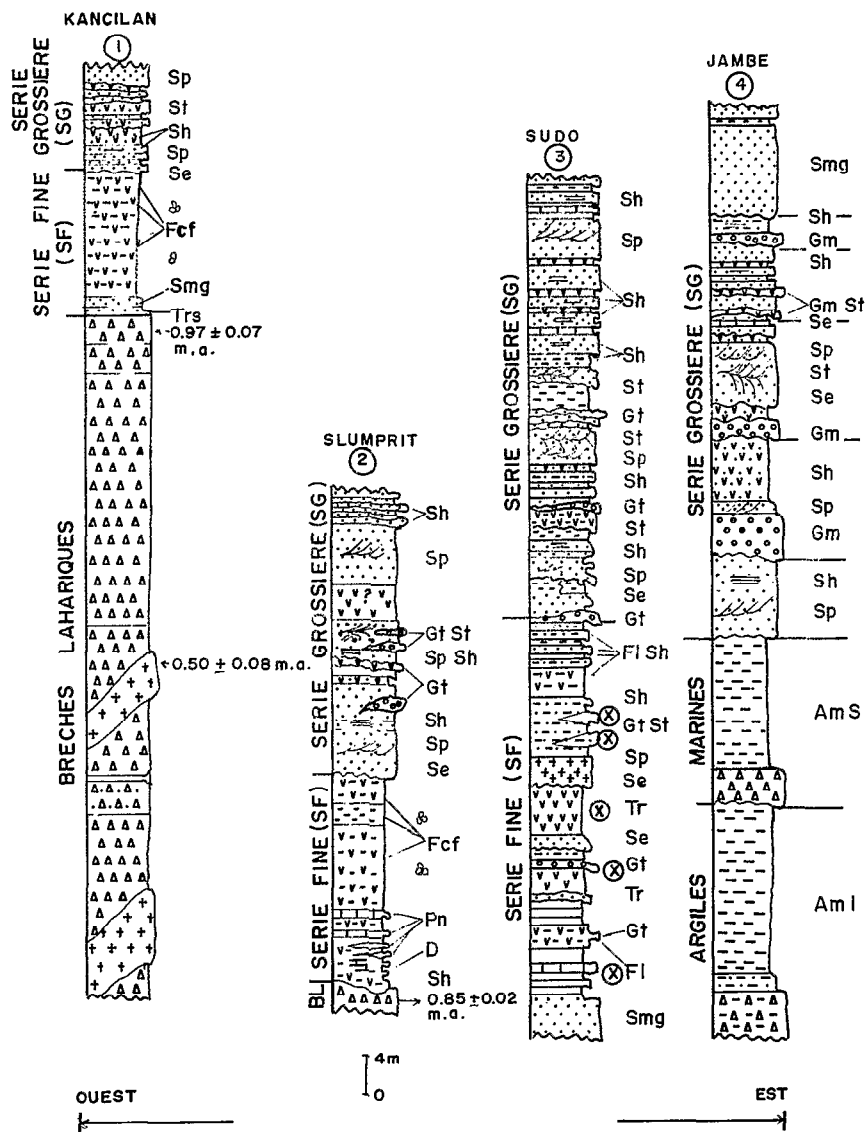


Fig. 4. Lithologie des 4 coupes levées dans le « volcano-sédimentaire » de Patiyam.  
Lithological logs of four sections sampled in the volcanoclastic sedimentary sediments of Patiyam.



séries montrent que l'environnement fluvial a été le principal facteur de mise en place de ce « volcano-sédimentaire ». Les milieux de sédimentation ont été définis à partir du code de lithofaciès proposé par MIALL (1977, 1978) et RUST (1978), complétés par ceux de MATHISEN et VONDRA (1983) en ce qui concerne les dépôts pyroclastiques et de ceux de SMITH (1987) pour les sédiments hyperconcentrés de crues. Ce code nous a paru particulièrement bien adapté à la description des faciès trouvés dans le « volcano-sédimentaire » de la région de Patiayam

et dont les différents caractères sont indiqués sur les coupes de la figure 4.

Nous y avons ajouté les faciès suivants : les lithofaciès **Tr** et **Trs** qui s'appliquent à des tufs remaniés et des tufs remaniés silicifiés. Enfin, le faciès **P** caractérise des croûtes calcaires indurées, de 2 cm à 30 cm d'épaisseur, à mollusques d'eau douce (*Paludina javanica*, VAN DER BOSCH) de la coupe de Slumprit. D'après VAN ES (1931), ces croûtes calcaires sont d'origine lacustre.

Tableau II  
Évolution de la sédimentation dans la région de Patiayam.  
*Evolution of the sedimentation in the region of Patiayam.*

m.a.	PALEOMAGNETISME	CHRONOLOGIE		UNITES LITHOSTRATIGRAPHIQUES	CARACTERES LITHOLOGIQUES	ENVIRONNEMENT			
						Kel	Srt	Sd	J
		Holocène		Alluvions/Terrasses fluviales	Dépôts de rivières récentes	Rivières récentes			
0	B R U N H E S	SUP	S u p	Agglomérats	Blocs semi-consolidés continentaux				
0.1									
0.2		P L E I S T O C E N E	M o y e n	SERIE GROSSIERE (SG)	Sables (grès) à lentilles conglomératiques et stratifications-entrecroisées Conglomérats	Continental cône alluvial distal anastomosé			
0.3									
0.4				SERIE FINE (SF) Argiles laguno - marines	Argiles tufacées à mollusques et mammifères Argiles à pyrite	Lacustre ou marécageux	Fluvio-deltaïque	Laguno marin	
0.5									
0.6									
0.7	M A T U Y A M A			Brèches lahariques (1).	Brèches lahariques shoshonotiques	Continental			
0.8									
0.9									
1.0									
1.1				HIATUS	HIATUS				
1.2									
1.3									
1.4									
1.5									
1.6									
1.7									
1.8									
1.9		Pliocène		ARGILES MARINES (3)	Argiles marines à foraminifères et glauconie Brèches shoshonotiques	Marin - littoral			
2.0									

(1) K/Ar Bandot et al. (1986) et Bellon et al. (1987)

(2) données du paléomagnétisme - Semah (1984)

(3) âge minimal d'après la microfauune

## FACIÈS ET MILIEU DE SÉDIMENTATION

### La série fine (SF)

Elle débute par des sables massifs granoclassés (lithofaciès Smg) et des sables à stratification horizontales (Sh) traduisant une sédimentation hyperconcentrée de crue à taux assez élevé, qui repose, dans les coupes de Kancilan et de Slumprit, sur les brèches lahariques par une surface d'érosion.

Dans ces deux coupes, les dépôts fluviaux passent à des sédiments fins : argiles tufacées, argiles noires massives à mollusques d'eau douce. La sédimentation de la *série fine* reste calme (sédiments marécageux dominés par le faciès Fcf).

Par contre, à Sudo, on observe toujours une succession de sables fins et grossiers (faciès Sh, Sp, Se) avec des lentilles conglomératiques (lithofaciès Gt) et des intercalations d'argiles massives (Fi) et des tufs remaniés (Tr).

Il s'agit, ici, d'un milieu fluvio-deltaïque à chenaux anastomosés, comblés par des sables et des conglomérats et les minces récurrences d'argiles massives se sont déposées hors des bourrelets de berge dans des marécages ou lacs temporaires formés au moment des crues.

Enfin, les lits de tufs remaniés (Tr) seraient les témoins de l'arrivée brutale de formations volcaniques situées en amont par modification du niveau de base (surrection ?).

### La série grossière (SG)

Elle succède à la *série fine* sur laquelle elle repose par une surface d'érosion et montre une sédimentation plus grossière : sables à lentilles conglomératiques, conglomérats avec des petites alternances d'argiles sableuses tufacées (lithofaciès Gm, Gt, St, Sp, Se et Sh).

Tous ces faciès indiquent qu'il s'agissait d'un système fluvial à chenaux anastomosés divaguants.

Les séquences granodécroissantes de la *série grossière* traduisent une diminution de l'hydrodynamisme du milieu.

Enfin, si l'on compare *série fine* et *série grossière* on constate qu'il s'agit d'une séquence granocroissante (séquence de 3<sup>e</sup> ordre de DELFAUD, 1984) traduisant une propagation des milieux proximaux sur les milieux distaux. Ce phénomène est très net dans la coupe de Jambe, où la succession des différentes séquences indique une sédimentation de type alluvial (NIELSEN, 1982), sous l'action d'un courant fort et passant à des dépôts de suspension

sableuse hyperconcentrée de crue. Ces formations grossières reposent directement sur des sédiments laguno-marins.

## Conclusion

*Série fine* et *série grossière* correspondent à une sédimentation alluviale en chenaux anastomosés qui semble, par ailleurs, très souvent présente dans ces régions d'avant et arrière arc (DAVIES et al., 1979; KUENZI et al., 1979; MATHISEN et VONDRA, 1983; VESSEL et DAVIES, 1981; SMITH, 1986, 1987; WALTON, 1977, 1979, 1986).

La corrélation entre les quatre coupes présentées sur la figure 4 met en évidence les faits suivants :

- une variation latérale de faciès d'ouest en est au sein de la *série fine* : dans la région de Kancilan et de Slumprit le milieu est marécageux ou lacustre ; il est fluvio-deltaïque vers Sudo, puis laguno marin à Jambe (ZAIM et DELAUNE, 1988; ZAIM, 1989);
- puis, l'instauration d'un système fluvio-deltaïque sur toute la région de Patiayam avec des phénomènes d'érosion plus intenses amenant le dépôt de la *série grossière* (tabl. II).

## MINÉRALOGIE DES FORMATIONS

La minéralogie des formations « volcano-sédimentaires » continentales est très homogène; les sédiments fins et grossiers contiennent des feldspaths plagioclases, frais et automorphes, souvent zonés et mâclés, des pyroxènes monocliniques, biotite (phlogopite) et des minéraux opaques.

Les quartz sont très rares.

Les micas ont des compositions de phlogopites (analyses faites à la sonde Cambridge) et confirment ainsi que le matériel volcanique de Patiayam provenait bien du Muria (YUWONO, 1987).

Les minéraux argileux sont essentiellement des smectites, accompagnées d'illite, rarement de kaolinite. Le degré de cristallinité des smectites est très variable; c'est dans la *série fine* (Slumprit) qu'elles sont le mieux individualisées ce qui est en accord avec l'existence, à cet endroit, d'un milieu lacustre mal drainé, permettant la diagénèse de ces minéraux.

Les sédiments marins ont une minéralogie différente et plus variée. Ils sont caractérisés par la présence de quartz, de feldspaths potassiques et de plagioclases. Les minéraux d'origine volcanique (augites, biotites et, plus rarement, hypersthènes et hornblendes) sont plus abondants dans la série argileuse supérieure.

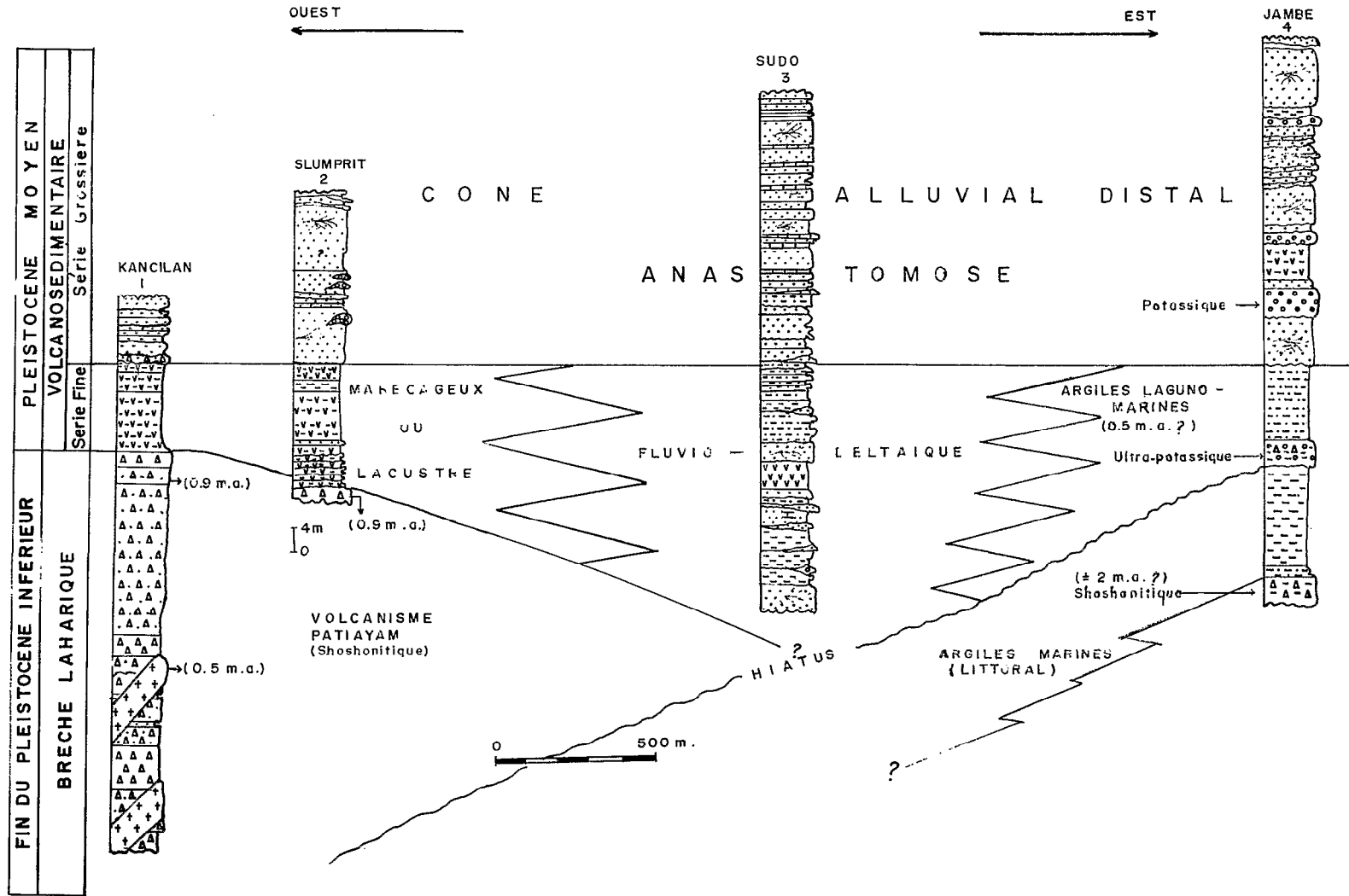


Fig. 5. — Corrélation stratigraphique des 4 coupes.  
Correlation of the lithostratigraphic units of the four sections studied.

Les autres minéraux, dont certains sont bien représentés dans la série argileuse inférieure, sont d'origine métamorphique (grenat, épidotes, glaucophane) ou granitique (sphène, tourmaline). Les débris de roches ont également des origines variées : métamorphiques (gneiss et schistes), sédimentaires (débris de siltites et quartzites) et volcaniques.

Les cortèges de minéraux argileux comprennent des kaolinites bien cristallisées et des illites. Les smectites n'existent qu'à la base de la série argileuse inférieure et sont mal cristallisées.

Ainsi, à la fin du Pliocène les sources les plus probables des sédiments marins seraient les terrains émergés prétertiaires de Karimun Java au nord-ouest, les matériaux volcaniques de Patiayam et, plus au sud, l'arc magmatique de Java et la zone de Rembang (fig. 7).

Pendant le Pléistocène, en domaine continental, c'est le volcan Muria qui devient la principale source d'apports détritiques.

## CHRONOLOGIE DES DÉPÔTS

D'après les analyses pétrologiques, les brèches inférieures de la série marine de Jambe, les brèches de Kancilan, ainsi que les dykes qui les recoupent (fig. 4 et 5) ont une composition shoshonitique. Par contre, les brèches supérieures de Jambe, qui séparent les deux ensembles d'argiles marines, ont une composition potassique à ultrapotassique. Les brèches des coupes de Kancilan et de Slumprit ont été datées d'environ 0,9 Ma et l'on peut estimer que les brèches inférieures de Jambe ont le même âge. Les dykes sont plus récents, vers 0,5 Ma.

Cependant, les foraminifères trouvés dans la matrice de ces brèches et dans le premier ensemble argileux marin donnent un âge beaucoup plus ancien (Miocène supérieur à Pliocène supérieur) que les données radiométriques (Pléistocène moyen).

Nous sommes donc amenés à proposer deux hypothèses de mise en place pour ce niveau de brèches :

- elles proviennent d'un domaine volcanique extérieur à la zone de Patiayam ;
- une activité shoshonitique existait déjà à Patiayam au Mio-Pliocène.

La seconde hypothèse paraît la plus vraisemblable. En effet, MAURY (comm. pers.) a retrouvé, dans l'est de Java, des laves shoshonitiques datées de 2 Ma. Ces laves sont issues d'un volcan de la région de Lamongan, qui est situé sur l'arc volcanique interne actuel de Java. Par ailleurs, sur le même arc, BANDET *et al.* (1986) ont noté, dans la région de Kedung-

brubus (est de Java), la présence de brèches calco-alcalines datées environ 1,9 Ma. Ces données permettent d'envisager l'hypothèse d'un volcanisme shoshonitique à Patiayam entre 2 et 0,5 Ma, en arrière de l'arc actuel.

Par contre, la première hypothèse est plus difficile à justifier : l'arc magmatique miocène, qui a fonctionné entre 17 et 10 Ma, était situé beaucoup plus au sud que l'arc magmatique actuel. Nous ne pouvons pas, dans ce cas, envisager, pour les brèches, une source extérieure au dôme de Patiayam, qui serait alors trop éloignée du centre d'émission. Les brèches supérieures de Jambe (potassiques et ultrapotassiques) de composition identique à celle des laves du Muria II, sont datées 0,5 Ma (BELLON *et al.*, 1987). Il est donc fort probable que l'ensemble argileux de la coupe de Jambe, reposant sur ces brèches, date du Pleistocène moyen. Ceci implique qu'il y aurait eu un hiatus de sédimentation entre les deux niveaux d'argiles marines. Quant aux formations « volcano-sédimentaires » *séries fine et grossière*, elles se seraient déposées pendant la période de Brunhes (SEMAH, 1984, 1986), ce qui est en accord avec l'âge des faunes de mammifères qu'elles renferment comparable à celles de Trinil, datées du Pleistocène moyen (VAN ES, 1931) (tabl. II). L'ensemble de ces données concernant les milieux de sédimentation et la chronologie des dépôts nous conduisent à proposer un modèle d'évolution stratigraphique de Patiayam.

## PALÉOGÉOGRAPHIE DE LA RÉGION DE PATIAYAM

L'évolution dans le temps de la région de Patiayam aurait été la suivante (fig. 6) :

— Il y a 2 Ma un volcanisme de type shoshonitique existait à Patiayam ; il était contemporain d'une sédimentation argileuse marine de faible profondeur, en domaine littoral ouvert à vitesse de sédimentation faible. A cette époque le volcan Muria n'existait pas encore.

— En raison de l'existence supposée d'une discontinuité entre la fin de la sédimentation de ces argiles et l'arrivée des brèches à éléments sous-saturés nous ne pouvons pas préciser l'histoire de la région entre 2 et 0,9 Ma.

— A 0,9 Ma l'activité volcanique de Patiayam se poursuit ; elle est contemporaine de l'émission des laves du Muria I (saturées et potassiques, datées 1,1 à 0,9 Ma ; BELLON *et al.*, 1987).

— Cette activité volcanique (Patiayam et Muria) a continué pendant le Pléistocène moyen.

Les observations sédimentologiques suggèrent, néanmoins, l'existence de longues périodes de calme, sans volcanisme explosif car les lits non perturbés de ponces et tufs sont absents de la série « volcano-sédimentaire ».

Il se produit une altération et une faible érosion sur les flancs du Muria amenant le dépôt de la *série fine* dans les dépressions marécageuses de Patiayam. Parallèlement, la sédimentation marine devient plus confinée.

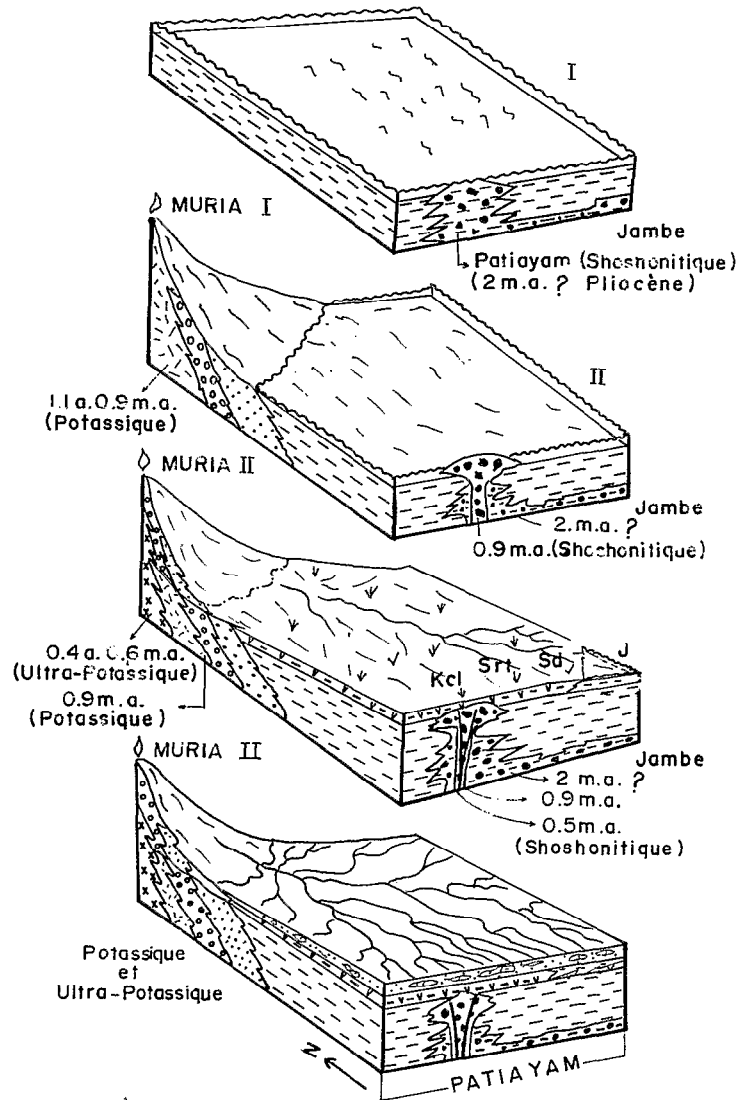


Fig. 6. — Modèle d'évolution de la sédimentation à Patiayam.  
Model for the evolution of sedimentation in the Patiayam area.

Une érosion plus active, dont les causes ne peuvent être précisées (climatiques ? surrection du volcan et changement du niveau de base ?) amène le dépôt de la *série grossière* dans un environnement fluviatile de cône alluvionnaire.

Le centre éruptif de Patiayam était toujours actif à cette époque comme en témoignent les dykes shoshonotiques de la coupe de Kancilan (0,5 Ma).

### CONCLUSION

L'édification, au Pléistocène, du volcan Muria, qui culmine actuellement à plus de 1500 mètres, s'est traduite par des phases successives d'érosion et de dépôt de matériel volcanique dans une plaine alluviale deltaïque à chenaux anastomosés formant actuellement le dôme de Patiayam.

Corrélativement, s'est produit un phénomène de progradation des dépôts continentaux sur la mer. Il est visible sur la coupe de Jambe où l'on observe le passage d'un domaine littoral ouvert vers un milieu lagunaire, puis continental (*série grossière* du « volcano-sédimentaire »).

Cette sédimentation continentale devait, à cette époque, atteindre le domaine émergé de Rembang (fig. 7) permettant ainsi l'installation de l'homme au pied du volcan Muria au cours du Pléistocène.

### Remerciements

Y. ZAIM remercie l'ORSTOM de l'avoir accueilli au Laboratoire des sciences de la terre du Centre de Bondy, la société Total pour son aide financière et pour l'acheminement des échantillons d'Indonésie en France et PUSLIT ARKENAS (Indonésie) pour avoir financé le travail sur le terrain.

Manuscrit accepté par le Comité de rédaction le 15 mai 1990

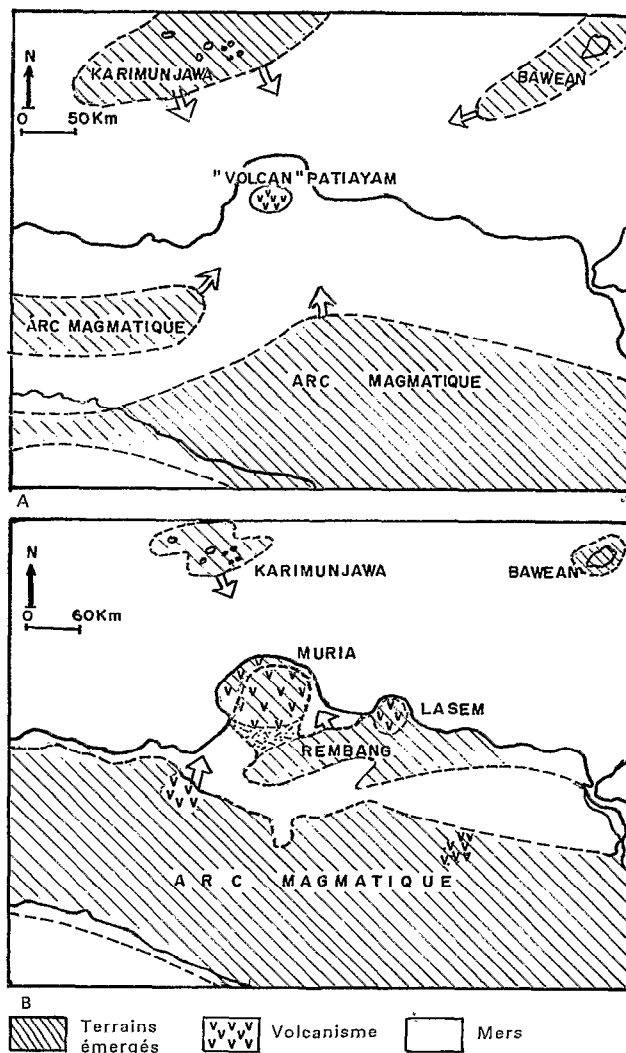


Fig. 7. — Paléogéographie de la partie nord de Java Central et de Patiayam (d'après PRINGGOPRAWIRO, 1983). A : Pliocène (2 MA ?). B : Pléistocène (0,9 à 0,5 Ma).

Paleogeography of the Northern Part of Central Java and Patiayam area (after PRINGGOPRAWIRO, 1983).

## BIBLIOGRAPHIE

- BANDET (Y.), SEMAH (F.), SARTONO (S.), DJUBIANTONO (T.), 1986. — Age of Javanese vertebrate and hominid-bearing sites: Kedungbrubus and Patiayam (*sous presse*).
- BELLON (H.), SOERIA-ATMADJA (R.), MAURY (R.C.), SUPARKA (E.), YUWONO (Y.S.), 1987. — Chronology and petrology of back-arc volcanism in Java. *Proceedings. GEOSEA V Meeting, Jakarta (sous presse)*.
- BEMMELEN (R.W. van), 1937. — Speciaal rapport Voorlopige microscopische Beschrijving van 64 monsters van een collectie alkaligesteenten afkomstig van 23 vinplaatsen op de G. Moeria (bladen 78-C, 84-C, 85-A) Direktorat Geologi Indonesia, *Dokumentasi dan Arsip Pengetahuan* n° 7/G/37: 1-22.
- BEMMELEN (R.W. van), 1947. — The Muriah Volcano (Central Java) and the origin of its leucite-bearing rocks. *Proc. Kl. Ned. Akad. van Wetenschappen*, n° 50 : 653-658.
- BEMMELEN (R.W. van), 1949. — The Geology of Indonesia. Vol II-A, The Hague, Martinus Nijhoff, Netherlands, 732 p.
- BLOW, (1969. — Late middle eocene to recent planktonic foraminiferal biostratigraphy. 1st International Conference on Planktonic Microfossils, *Proceedings*, vol. 1 : 199-422.
- BOOMGART (L.), 1942. — Report on the Seno River leucite occurrence G. Moeria North. Direktorat Geologi Indonesia, *Dokumentasi dan Arsip Pengetahuan*, n° 10/BS : 1-6.
- DAVIES (K.D.), VESSEL (R.K.), MILES (R.C.), FOLEY (M.G.), BONIS (S.B.), 1978. — Fluvial transport and downstream modifications in an active volcanic region. In : Miall, A.D., ed. : *Fluvial Sedimentology, Can. Soc. Petroleum Geol. Mem.* 5 : 61-84.
- DELFAUD (J.), 1984. — Le contexte dynamique de la sédimentation continentale. Modèles d'organisation. Centre de Rech., d'Expl. Prod. Elf-Aquitaine, *Bull.* n° 1, vol. 8 : 27-53.
- DUYFYES (J.), 1938. — Geologische Kaart van Java Schaal 1 : 100000, Toelichting Bij Blad 110 (Mojokerto) : *Dienst van Den Mij. Nederl. Indie*, 70 p. P4N, Equipe de, 1978. — Sedimentasi Daerah Patiayam (Jawa Tengah). *Pusat Penelitian Purbakala dan Peninggalan Nasional*, n° E-42/38 : 1-15.
- FERMIN (P.G.H.A.), 1942. — Preliminary Geological Report of the Jolong District on the South-East Moeria Slope. Direktorat Geologi Indonesia, *Dokumentasi dan Arsip Pengetahuan*, n° E 42/38 : 1-15.
- KUENZLI (W.D.), HORST (O.H.), Mc GEHEE (R.V.), 1979. — Effect of volcanic activity on fluvial-deltaic sedimentation in a modern arc-trench gap, southwestern Guatemala : *Bull. Geol. Soc. Am.*, part I, vol. 90 : 827-838.
- KUIPÉR (M.J.), 1942. — Preliminary Report on the Ternadi Region of G. Moeria (Southern Section). Direktorat Geologi Indonesia, *Dokumentasi dan Arsip Pengetahuan*, n° 26/02 : 1-18.
- MATHISEN (M.E.), VONDRA (C.F.), 1983. — The fluvial and pyroclastic deposits of Cagayan Basin, Northern Luzon, Philippines : an example of non-marine volcanoclastic sedimentation in an interarc basin. *Sedimentology*, 30 : 369-392.
- MAURY (R.C.), SOERIA-ATMADJA (R.), BELLON (H.), JORON (J.L.), YUWONO (Y.S.), SUPARKA (E.), 1987. — Nouvelles données géologiques et chronologiques sur les deux associations magmatiques du volcan Muria (Java, Indonésie). *Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, t. 304, série II, n° 4 : 175-180.
- MIALL (A.D.), 1977. — A review of the braided-river depositional environments. *Earth Sciences Review*, vol. 13 : 1-62.
- MIALL (A.D.), 1978. — Lithofacies types and vertical profile models in braided-river deposits : a summary. In : Miall, A.D., ed., *Fluvial Sedimentology. Can. Soc. Petrol. Geol., Mem.* 5 : 597-604.
- NICHOLLS (I.A.), WHITFORD (D.J.), 1983. — Potassic-rich volcanic rocks of the Muria Complex, Java, Indonesia : product of multiple magma sources? *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, vol. 18 : 337-359.
- NIELSEN (T.H.), 1982. — Alluvial Fan Deposits. In : Scholl, P.A., et Spearing, D., eds., *Sandstones Depositional Environments. Ame. Assoc. Petrol. Geol., Mem.* vol. 31 : 49-86.
- PRINGGOPRAWIRO (H.), 1983. — Biostratigraphi dan Paeogeografi Cekungan Jawa Timur Utara, Suatu Pendekatan Baru. *Dissertasi Doktor ITB, Bandung, Indonesia*.
- RUST (B., R.), 1978. — Depositional models for braided alluvium. In : Miall, A.D., ed., *Fluvial Sedimentology. Can. Soc. Petrol. Geol., Mem.* 5 : 605-625.
- SARTONO (S.), 1983/84. — Notes on the pleistocene stratigraphy of Java, Indonesia. *Modern Quaternary Research in SE Asia*, vol. 8 : 129-135.
- SEMAH (F.), 1984. — Stratigraphie et paléomagnétisme du Pliocène Supérieur et du Pleistocène de l'île de Java (Indonésie) : Application à l'âge des sites à *Pithecanthropes*. Thèse de Doctorat d'Etat, Université de Provence, Marseille.
- SEMAH (F.), 1986. — Le peuplement ancien de Java; ébauche d'un cadre chronologique. (Paris), *L'Anthropologie*, t. 90, n° 3 : 359-400.
- SMITH (G.A.), 1986. — Coarse-grained non-marine volcanoclastic sediment : terminology and depositional process. *Geol. Soc. Am., Bull.* part I, vol. 97 : 1-10.
- SMITH (G.A.), 1987. — The influence of explosive volcanism on fluvial sedimentation : The Deschutes Formation (Neogen) in Central Oregon. *Journal of Sedimentary Petrology*, vol. 57, n° 4 : 613-629.
- TER BRUGGEN (G.), 1942. — Provisional geological report on the Goendil Region of G. Moeria (Western Sector). Direktorat Geologi Indonesia, *Dokumentasi dan Arsip Pengetahuan* n° 10/bn : 1-25.
- VAN ES (L.J.C.), 1931. — The age of Pithecanthropus. Martinus Nijhoff, The Hague.
- VESSEL (R.K.), DAVIES (D.K.), 1981. — Non-marine sedimentation in an active force-arc basin. *SEPM Special Publications*, n° 31 : 31-45.
- WALTON (A.W.), 1977 - Petrology of volcanic sedimentary rocks, Vieja Group, Southern Rim Rock Country, Trans-Pecos Texas. *Journal of Sedimentary Petrology*, vol. 47, n° 1 : 137-157.
- WALTON (A.W.), 1979. — Volcanic sediment apron in the Tascotal formation (Oligocene?), Trans-Pecos Texas. *Journal of Sedimentary Petrology*, vol. 49, n° 1 : 0303-0314.
- WALTON (A.W.), 1986. — Effect of Oligocene volcanism on sedimentation in the Trans-Pecos volcanic field of Texas : *Geol. Soc. Am., Bull.* part I, vol. 97 : 1192-1207.
- WHITFORD (D.J.), 1975. — Strontium isotopic studies of the volcanic rocks of the Sunda arc, Indonesia, and their petrogenetic implications. *Geochimica Cosmochimica Acta*, vol. 39 : 1287-1302.

- WHITFORD (D.J.), NICHOLLS (I.A.), 1976. — Potassium variation in lavas across the Sunda arc in Java and Bali. *In* : Johnson R.W. Edit., *Volcanism in Australasia*. Elsevier : 63-76.
- WRIGHT (A.E.), BOWES (D.R.), 1963. — Classification of volcanic breccias : a discussion. *Geol. Soc. Am., Bull.* part 1, vol. 74 : 79-86.
- YUWONO (Y.S.), 1987. — Contribution à l'étude du volcanisme potassique de l'Indonésie : exemples du sud-ouest de Sulawesi et du volcan Muria (Java). Thèse de Doctorat d'Etat, Université de Bretagne occidentale, Brest, 285 p.
- ZAIM (Y.), 1981. — Umur serta stratigrafi formasi Pucangan Daerah Pening, Mofokerto. PIT-IX IAGI, Bandung. *Proceedings* : 230-237.
- ZAIM (Y.), HADIWISASTRA (S.), 1983. — Penelitian mikropaleontologi dan kaitannya dengan endapan pengandung *Homo erectus* di Kubah Patiayam, Jawa Tengah. Rehpa - Puspan, Cibogo. *Dokumentasi* : 1 - 20.
- ZAIM (Y.), DELAUNE (M.), 1988. — Quaternary volcanic fluvial deposits in Patiayam, Central Java (Indonesia) : depositional environment and mineralogy. 9th IAS Regional Meeting, Leuven (Belgium), September 1988. *Abstracts* : 235.
- ZAIM (Y.), 1989. — Les formations « volcano-sédimentaires » quaternaires de la région de Patiayam (Central Java, Indonésie). Milieu de sédimentation et minéralogie. Thèse de Doctorat, Université de Paris, 260 p.