

DETERMINATION DE LA POLLUTION CHIMIQUE  
DES BAIES DE JAKARTA, BANTEN, CILACAP (INDONESIE)  
HYDROCARBURES, ORGANOCHLORES, METAUX

J.L. MARTIN, M. MARCHAND, A.M. LE GUELLEC, J.C. CAPRAIS  
Centre National pour l'Exploitation des Océans  
Centre Océanologique de Bretagne, Brest

EL/Chimie/JLM-MM/233/83  
Septembre 1983

## AVANT-PROPOS

Ce travail a été réalisé dans le cadre de la coopération franco-indonésienne. Les prélèvements d'échantillons ont été effectués au cours de trois campagnes côtières, du 7 au 29 août 1982. Le traitement des échantillons et les analyses ont été effectués au Centre Océanologique de Bretagne.

Nous remercions le LEMBAGA OCEANOLOGI NASIONAL et plus particulièrement les Docteurs A. SOGIARTO, S. THAYIB et H. REZAK pour les moyens mis à notre disposition et pour leur aide pour la préparation et la réalisation des campagnes de prélèvement.

## SUMMARY

### I. INTRODUCTION

### II. MATERIEL ET METHODES

1. Hydrocarbures et organochlorés à haut poids moléculaire

2. Métaux

### III. RESULTATS ET DISCUSSION

1. Hydrocarbures et organochlorés

a. Hydrocarbures

b. Composés organochlorés

2. Métaux

### IV. CONCLUSIONS

### REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

## SUMMARY

*Chemical pollution of the bays of Jakarta, Banten, Cilacap (Indonésie).  
Hydrocarbons, organochlorines, heavy metals.*

Analyses of pesticides, polychlorobiphenyls (PCB's) and hydrocarbons have been carried out in sediments and water samples from the bays of Jakarta, Banten and Cilacap. Heavy metals (Hg, Cu, Mn, Zn, Fe, Pb, Cd, Ni, Co and Cr) have been analysed in sediment samples from the same areas.

### - Organic pollutants

The results show that for pesticides, PCB and hydrocarbons, in water and in sediments, there is no significant pollution for the bays of Banten, Cilacap and Jakarta.

The bay of Banten, where most of the concentrations are under the detection limits, that is to say 2 µg/kg for the sediment and 2 ng/l for the sea water, can be considered as a reference area.

For total hydrocarbons and DDT, the bays of Cilacap and Jakarta show concentrations which can be considered as significant of a very light chronic contamination.

PCB's which are related to industrial and urban activities have only been identified in two restricted areas of the bay of Jakarta, near the harbour and the city. PCB's were not detected in the bays of Banten and Cilacap.

The presence of anthropogenic hydrocarbons, in low concentrations, seems to be related to the navigation in the bays of Jakarta and Cilacap. The inputs from harbours, oil raffinery and sewages are identified but are geographically and quantitatively very restricted.

DDT has been identified in sediment in very low concentrations in Cilacap and Jakarta. Furthermore, the high percentage of the degradation metabolites of DDT (DDD and DDE) shows that DDT in those bays is not related to recent inputs.

### - Heavy metals

Two kinds of bays can be considered. On one hand, the bays of Banten and Cilacap, on the other hand, the bay of Jakarta.

For Banten and Cilacap, all the concentrations of heavy metals can be considered as normal values, or even low values, compared to those observed in the literature for unpolluted areas.

For Banten and Cilacap, it has not been possible to point out the influence of urban and harbour activities on the concentrations of heavy metals.

The concentrations of heavy metals in the bay of Banten are very low. This bay could be considered as a reference area.

In the bay of Jakarta, except for mercury, the concentrations of heavy metals can be considered as normal concentrations, and do not give evidence of a contamination of the bay. Nevertheless, the influence of the urban and harbour activities can be pointed out. As a matter of fact, for lead, copper and zinc, the concentrations near the harbour are higher, even if they cannot be considered as a pollution, than those observed elsewhere in the bay.

For mercury, most of the concentrations observed in the bay of Jakarta can be considered as normal concentrations, even if these are always higher than those in the bays of Banten and Cilacap. Nevertheless, near the harbour and near Jakarta, some of the concentrations can be considered as high values, giving evidence of an "overload", and perhaps of a contamination, of this area by mercury.

*The analyses of organic and mineral compounds and elements (hydrocarbons, pesticides, PCB's, Cu, Mn, Zn, Fe, Pb, Cd, Ni, Co, Cr) in the bays of Jakarta, Banten and Cilacap do not give evidence of a pollution of these areas.*

*For mercury, the high concentrations near the harbour and the city of Jakarta must be pointed out.*

## I. INTRODUCTION

Dans le cadre de la coopération franco-indonésienne en matière d'environnement marin, l'étude de la pollution chimique de trois baies, Jakarta, Banten et Cilacap, a été effectuée. Ces trois baies sont situées sur l'île de Java (voir figure 1).

L'étude de la pollution chimique a porté sur trois types de paramètres :

- les hydrocarbures totaux,
- les organochlorés à haut poids moléculaire : pesticides (DDT, métabolites du DDT, aldrine, dieldrine, lindane), polychlorobiphényles (PCB),
- les métaux (Hg, Cu, Mn, Zn, Fe, Pb, Cd, Ni, Co, Cr).

L'ensemble de ces différents éléments ou composés chimiques a été analysé au niveau du sédiment. Celui-ci présente l'avantage d'adsorber et de fixer la plupart des éléments et composés analysés et peut de ce fait être considéré comme un indicateur d'intégration de la pollution au cours du temps. Cette propriété permet, à travers son analyse, de déterminer une "cartographie" de la pollution relativement peu fluctuante dans le temps. Cependant, des prélèvements d'eau ont été effectués sur certaines stations des baies de Jakarta, Banten et Cilacap, dans le but de déterminer l'état de pollution instantanée, pouvant fluctuer en fonction de la marée et des courants, pour les hydrocarbures et les organochlorés à haut poids moléculaire.

## II. MATERIEL ET METHODES

### 1. Hydrocarbures et organochlorés à haut poids moléculaire

#### Prélèvements

L'eau de surface (2 litres) était prélevée dans une bouteille en verre fixée dans un bâti en plomb immergé à un mètre de profondeur. Immédiatement après le prélèvement, l'échantillon d'eau était extrait par 50 ml d'hexane directement dans la bouteille. Les sédiments étaient prélevés à l'aide d'une benne à main de type Ekman. Les échantillons étaient conservés dans des boîtes en fer blanc et ramenées en France pour analyses.

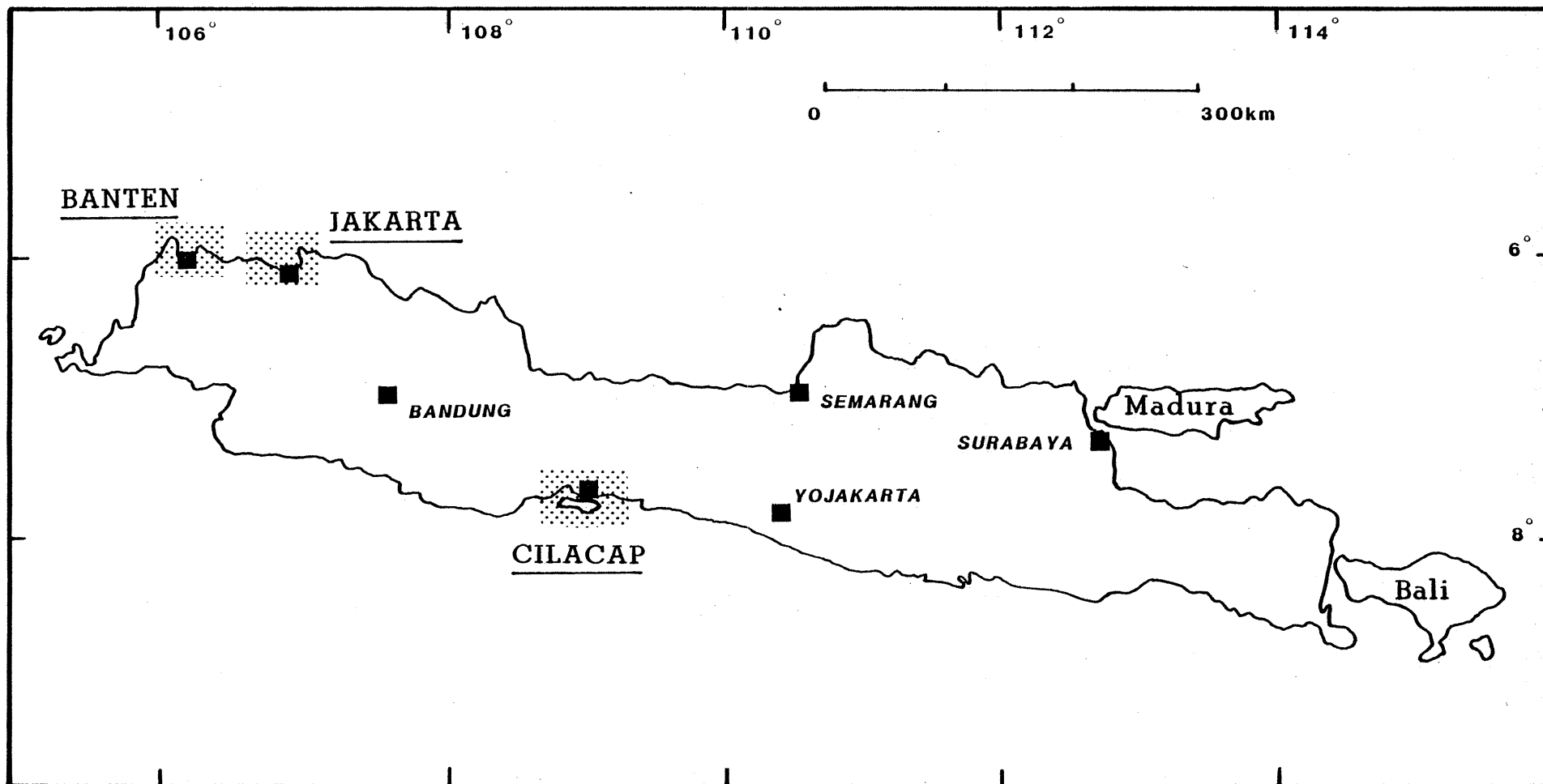


Figure 1 : L'île de Java : localisation des baies de Jakarta, Banten, Cilacap.

### Traitement des échantillons (extraction)

Une seconde extraction de l'échantillon d'eau de mer est réalisée à nouveau au laboratoire par 50 ml d'hexane. Les deux extraits organiques sont mélangés et évaporés dans un appareil de type Kuderna-Danish jusqu'à environ 10 ml. Les traces d'eau résiduelle sont éliminées par addition de sulfate de sodium anhydre.

Les échantillons de sédiments sont séchés à l'étuve (70°C) ou par lyophilisation. Le sédiment sec (15 à 25 g) est extrait dans un bain à ultrasons deux fois par 80 ml d'un mélange cyclohexane/acétone (90:10 v/v). L'extrait organique est ensuite évaporé jusqu'à environ 1 ml.

### Analyse des hydrocarbures

L'étude réalisée se limite à une estimation des hydrocarbures totaux dans l'eau et le sédiment.

L'extrait organique d'eau est évaporé à 5 ml sous jet d'azote purifié. Les hydrocarbures totaux sont mesurés par spectrofluorescence UV (PERKIN ELMER 399 B) selon la méthode décrite par LEVY (1977) et l'UNESCO (1977). Le spectre d'émission est pris entre 500 et 320 nm et la fluorescence maximale apparaît entre 390 et 360 nm. Le spectrofluorimètre est calibré avec une solution étalon de deux pétroles bruts (Arabian light et Iranian light) dissous dans de l'hexane. Nous avons utilisé la même solution de calibration pour suivre la pollution par hydrocarbures dans l'eau de mer à la suite du naufrage du pétrolier AMOCO CADIZ sur les côtes de Bretagne en 1978 (MARCHAND 1980, MARCHAND et CAPRAIS 1981). Bien que seuls les hydrocarbures aromatiques soient détectés par la spectrofluorescence UV, les résultats sont exprimés en hydrocarbures totaux par rapport à la solution de calibration. Toutefois les résultats ne sont pas représentatifs des concentrations absolues d'hydrocarbures totaux dans l'eau. Après la mesure des hydrocarbures, les extraits d'hexane sont conservés pour l'analyse des composés organochlorés.

L'extrait organique (1 ml) de sédiment est purifié sur une colonne (10 cm x 0,6 cm) rempli de 1 g de Florisil désactivé (5 % en eau). Les hydrocarbures (et les composés organochlorés) sont élués par 10 ml de cyclohexane. L'extrait purifié est à nouveau réduit à 2 ml sous jet d'azote. Une fraction aliquote de 1 ml est concentrée à sec et reprise par 5 ml de tétrachlorure de carbone. Les hydrocarbures totaux sont mesurés par spectrophotométrie IR (PERKIN ELMER 397) dans des cellules en quartz. Le spectrophotomètre est calibré avec un mélange standard API (toluène 35 %, iso-octane 37,5 % et hexadécane 37,5 %). Les mesures quantitatives sont effectuées à la bande d'absorption IR de 2925  $\text{cm}^{-1}$ .



### Composés organochlorés

L'extrait organique d'eau, préalablement utilisé pour le dosage des hydrocarbures, est réduit à 0,5 ml sous jet d'azote et purifié sur 0,5 g de Florisil désactivé (5 % d'eau) introduit dans une pipette Pasteur. Les composés organochlorés sont élués par 8 ml d'un mélange hexane/éthyl éther (85:15 v/v). L'extrait purifié est réduit à 0,5 ml (MARCHAND 1983).

La seconde fraction aliquote (1 ml) de l'extrait organique purifié du sédiment est utilisée pour l'analyse des composés organochlorés. Le soufre à l'état libre qui pouvait être présent dans l'extrait est éliminé en ajoutant quelques gouttes de mercure. Après agitation, un précipité de sulfure mercurique (HgS) est formé (MARCHAND 1983). Les composés organochlorés sont identifiés et mesurés par chromatographie en phase gazeuse (TRACOR 560). L'appareil est équipé avec un détecteur à capture d'électrons ( $Ni^{63}$ ) et une colonne capillaire WCOT (20 m x 0,4 mm) imprégnée de phase silicone SE-54. Un injecteur solide (modèle de Ross) est utilisé pour injecter les extraits purifiés. Le chromatographe est programmé de 180°C (4 minutes) à 240°C avec un taux de programmation de 2°C/min (CAPRAIS et MARCHAND 1981). Le tableau I résume les différents protocoles opératoires utilisés dans cette étude.

### Carbone organique

100 mg de sédiment sec sont pesés dans un creuset "LECO" réfractaire et non poreux. L'échantillon est décarbonaté par addition de 3 ml d'acide orthophosphorique (1M). Après attaque acide à froid durant quelques minutes, l'échantillon est placé sur une plaque chauffante à 80°C jusqu'à siccité. Le carbone organique est ensuite dosé sur un appareil LECO WR 12.

## 2. Métaux

### Prélèvement

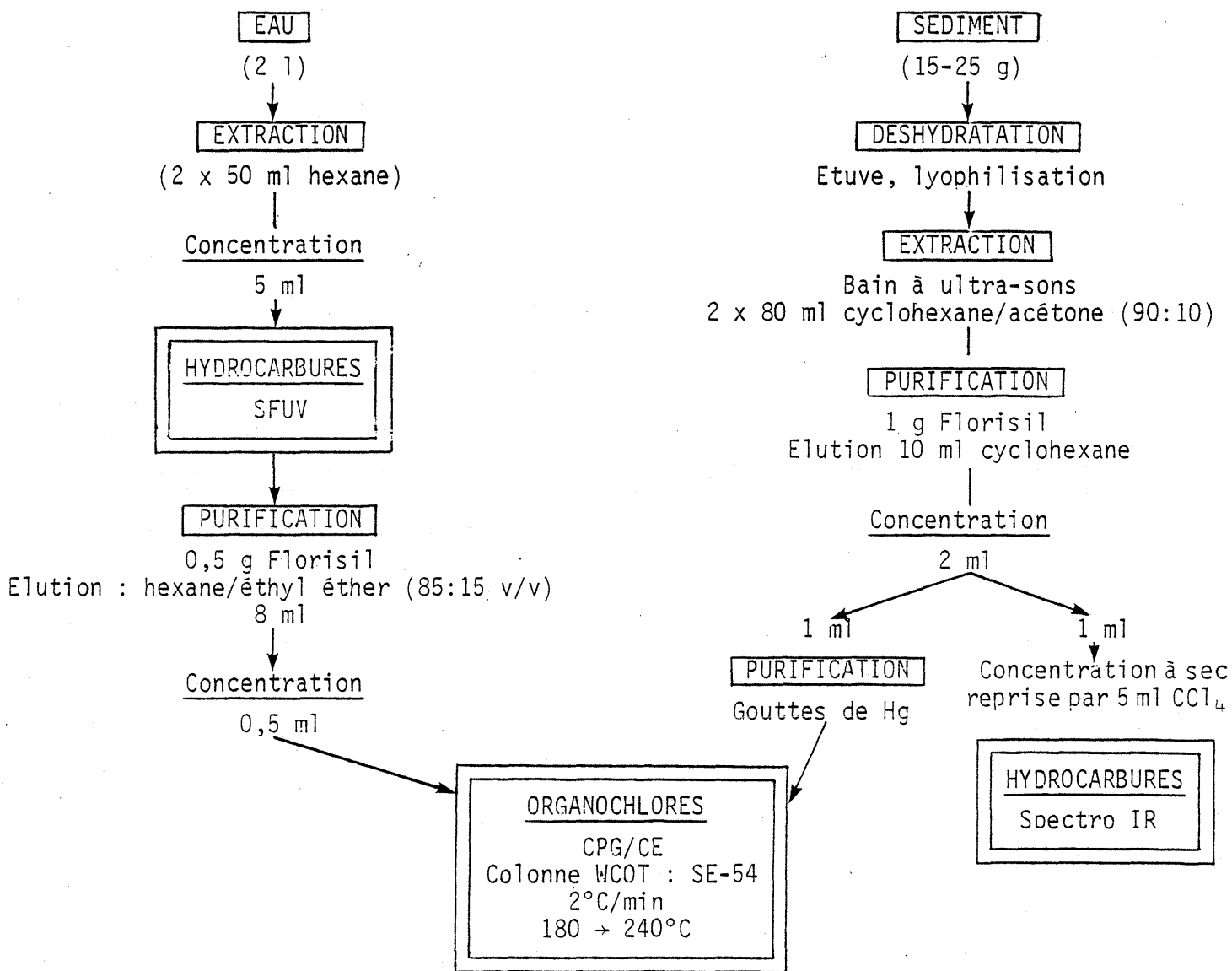
L'échantillonnage du sédiment est effectué à l'aide d'une benne de type Ekman. Seule la fraction supérieure du sédiment contenu dans la benne est prélevée et conservée dans un sac de plastique.

### Traitement et analyse

Les échantillons sont desséchés en étuve à la température de 50°C puis tamisés à 63  $\mu$ m. La minéralisation puis l'analyse sont effectuées sur la fraction de sédiment inférieure à 63  $\mu$ m qui correspond à la fraction normalisée adoptée par le Réseau National d'Observation français.

Tableau I

Protocoles opératoires pour l'analyse  
des hydrocarbures et des composés organochlorés  
dans l'eau et le sédiment



La minéralisation des échantillons pour l'analyse de Pb, Cd, Cu, Zn, Co, Ni, Cr, Mn et Fe est effectuée par voie humide. Environ 0,7 g de sédiment (< 63  $\mu\text{m}$ ) est minéralisé à l'aide d'un mélange d'acide nitrique et d'acide chlorhydrique (3:1). Lorsque la minéralisation est achevée, ceci nécessitant parfois un ajout d'acide, ce dernier est évaporé. Un millilitre d'acide chlorhydrique est ajouté au résidu de minéralisation, puis une dilution adéquate est effectuée avec de l'eau bidistillée.

Pour Pb, Cd, Cu, Zn, Co, Ni, Cr, Mn, Fe, les analyses sont effectuées à l'aide d'un spectrophotomètre d'absorption atomique (IL 351) de flamme (air-acétylène).

L'analyse du mercure est effectuée après minéralisation oxydante de 0,7 g d'échantillon (ajout de  $\text{KMnO}_4$ ) à chaud sous reflux d'air. L'excès d'oxyde de manganèse est dissous par ajout d'hydroxylamine. La réduction du mercure est effectuée par ajout de  $\text{SnCl}_2$ . L'analyse du métal est effectuée à l'aide d'un spectrophotomètre sans flamme (Mercury monitor UV, LDC).

Les stations de prélèvement pour les baies de Jakarta, Banten et Cilacap sont reportées sur les figures 2, 3 et 4. Les éléments métalliques ont été analysés sur l'ensemble des stations. Les hydrocarbures et les organochlorés à haut poids moléculaire ont été analysés pour l'eau et le sédiment pour certaines, ou pour le sédiment seul pour d'autres, pour les stations dont le numéro est souligné sur les figures.

### III. RESULTATS ET DISCUSSION

#### 1. Hydrocarbures et organochlorés

##### a. Hydrocarbures

Au total, 23 échantillons d'eau et 21 échantillons de sédiment ont été analysés. Les résultats sont présentés dans le tableau II.

L'analyse des hydrocarbures totaux ne définit pas la nature des hydrocarbures mesurés et par conséquent ne différencie pas la part revenant aux hydrocarbures biogènes présents naturellement dans le milieu de celle correspondant aux hydrocarbures d'origine pétrolière que nous considérons comme hydrocarbures de pollution. Toutefois, il est possible de définir quelques critères simples permettant de conclure si les valeurs mesurées reflètent ou non un état de pollution par hydrocarbures de l'environnement étudié.

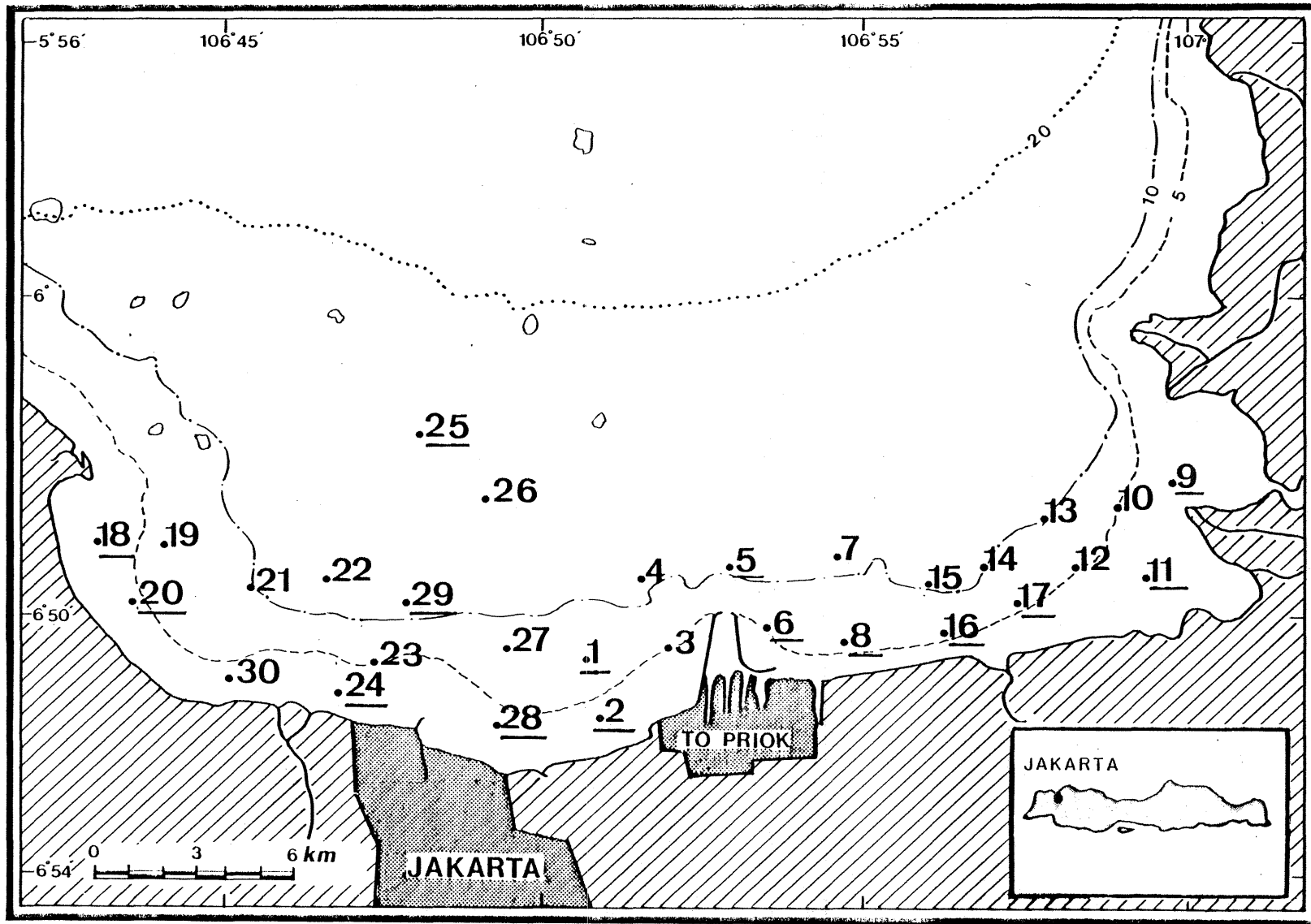


Figure 2 : Stations de prélèvement dans la baie de Jakarta. Les métaux ont été analysés pour toutes les stations, les polluants organiques pour les stations soulignées.

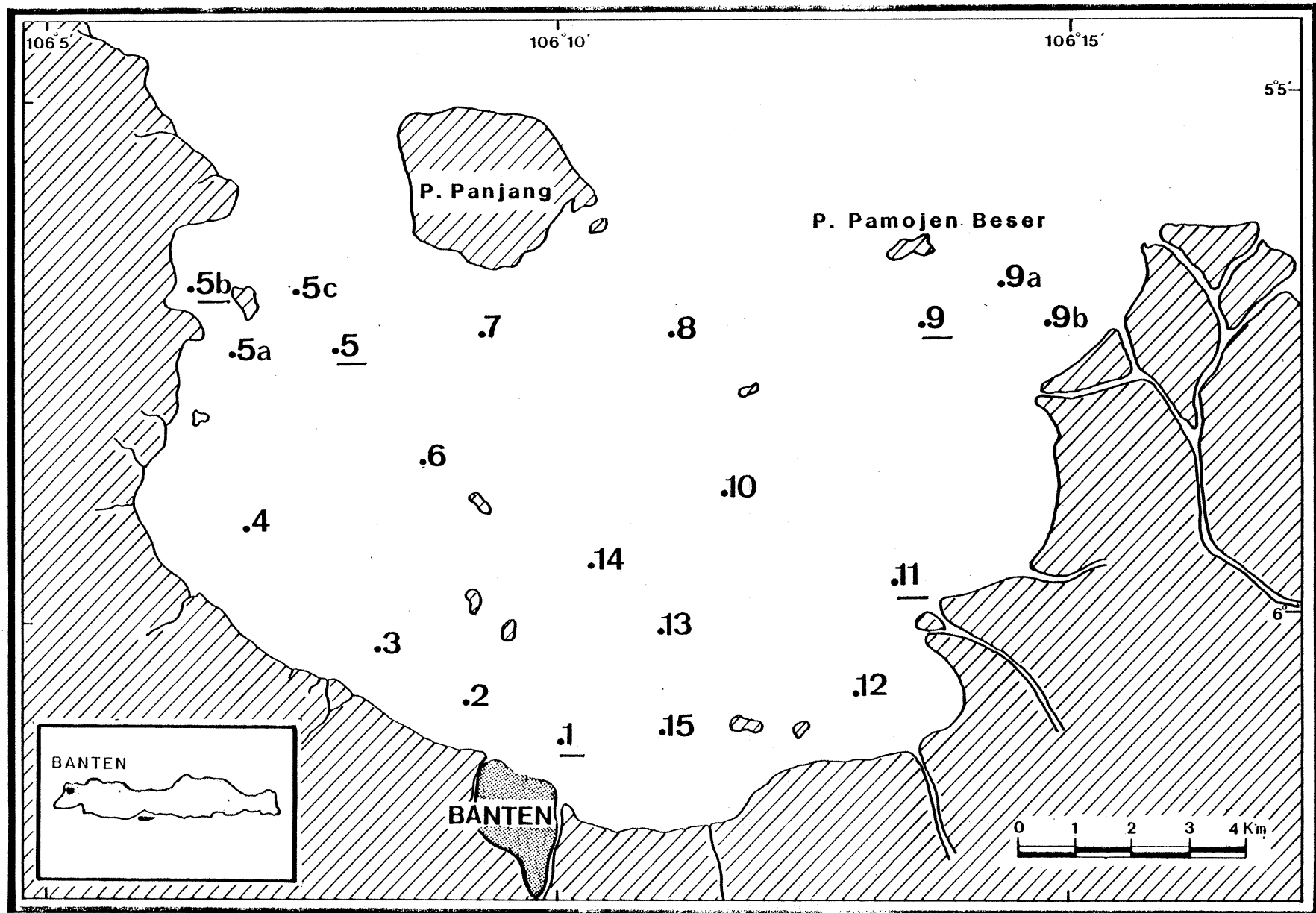


Figure 3 : Stations de prélèvement dans la baie de Banten. Les métaux ont été analysés pour toutes les stations, les polluants organiques pour les stations soulignées.

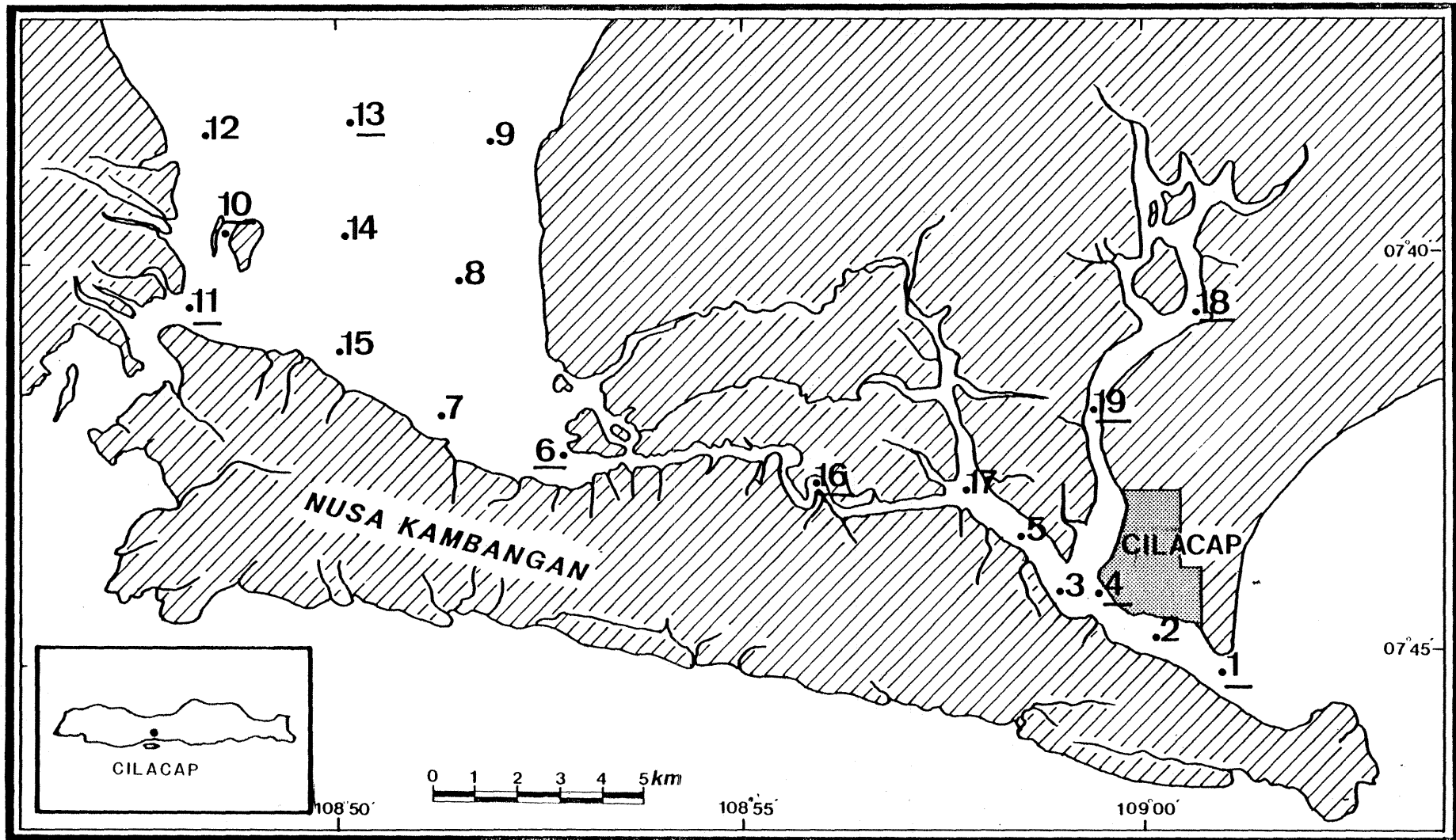


Figure 4 : Stations de prélèvement dans la baie de Cilacap. Les métaux ont été analysés pour toutes les stations, les polluants organiques pour les stations soulignées.

Tableau II

Hydrocarbures dans l'eau et les sédiments  
 Résultats exprimés en  $\mu\text{g/l}$  (ppb) pour l'eau et en  $\mu\text{g/g}$  (ppm) pour les sédiments

Lieu	Station	SEDIMENTS			
		EAU	CO (%)	Hydrocarbures ( $\mu\text{g/g}$ )	HC/CO
		Hydrocarbures ( $\mu\text{g/l}$ )			
Baie de BANTEN	B1	0,9	0,45	30	67
	B5	0,7	-	-	-
	B5 (b)	-	-	34	-
	B9	1,0	-	27	-
	B11	0,9	-	7	-
Baie de CILACAP	C1	3,8	0,10	6	60
	C4	-	1,79	658	368
	C6	3,9	0,92	91	99
	C10	2,2	-	-	-
	C11	1,4	0,51	20	39
	C13	2,0	-	12	-
	C16	2,2	1,16	62	53
	C18	9,0	2,62	74	28
	C19	2,7	-	-	-
Baie de JAKARTA	JK1	2,6	-	-	-
	JK2	-	-	34	-
	JK5	2,3	-	-	-
	JK6	46,0	0,26	64	246
	JK8	3,6	0,53	72	136
	JK9	-	0,44	14	32
	JK11	0,5	0,51	34	67
	JK16	2,2	-	-	-
	JK17	1,9	0,97	120	124
	JK18	-	0,45	9	20
	JK20	1,1	-	152	-
	JK24	2,2	-	331	-
	JK25	2,1	-	-	-
	JK28	-	0,20	25	125
JK29	3,3	-	-	-	

Dans l'eau de mer la gamme de concentrations rencontrées varie de  $0,5 \mu\text{g/l}$  à  $46,0 \mu\text{g/l}$ . Les concentrations les plus basses se situent entre  $0,5 \mu\text{g/l}$  et  $1,0 \mu\text{g/l}$  et sont analogues à celles mesurées dans des eaux non polluées de l'océan Atlantique NW (GORDON et al. 1974, KEIZER et al. 1977), des eaux côtières bretonnes en France (MARCHAND et CAPRAIS, 1981), du golfe de Mexico (MARCHAND et al. 1981). Tous les auteurs pré-cités admettent que des teneurs supérieures à  $2 \mu\text{g/l}$  indiquent la présence d'une pollution par hydrocarbures. Le tableau III donne quelques valeurs comparatives d'hydrocarbures totaux mesurés dans l'eau par spectrofluorescence UV.

Tableau III

Concentrations d'hydrocarbures ( $\mu\text{g/l}$ )  
observées dans l'eau de mer par spectrofluorométrie  
(MARCHAND et CAPRAIS, 1981)

REGION	DATE	CONCENTRATION D'HYDROCARBURES $\mu\text{g/l}$	REFERENCES
NOUVELLE ECOSSE AU LARGE D'HALIFAX GOLFE DU SAINT LAURENT ET RIVIERE DU SAINT LAURENT	1970	1,6 - 13,5	LEVY (1971)
	1970	1,3 - 5,5	LEVY (1971)
NOUVELLE ECOSSE		0 - 4,0	GORDON & MICHALIK (1971)
AU LARGE DE LA NOUVELLE ECOSSE	1971	0,2 - 3,2	LEVY (1972)
GOLFE DU SAINT LAURENT	1971	1 - 18	LEVY & WALTON (1973)
ATLANTIQUE (HALIFAX, BERMUDES)	1974	$\bar{m}$ : 0,8 $\pm$ 1,3 (1m)	GORDON & al. (1974)
		$\bar{m}$ : 0,4 $\pm$ 0,5 (5m)	
NOUVELLE ECOSSE BASSIN DE BEDFORD COTE GOLFE DU SAINT LAURENT ESTUAIRE DU SAINT LAURENT	1975	1,4 - 9,3	KEIZER & al. (1977)
		0,2 - 2,0	
		0,5 - 1,5	
		0,5 - 1,1	
ATLANTIQUE, MER DES SARGASSES	1975	1	KEIZER & al. (1977)
ATLANTIQUE, GOLFE DE MEXICO	1976	SURFACE : 22,4 - 33,8	HILTABRAND (1978)
		5 m : 1,7 - 2,4	
		15,5 m : 0,6 - 1,3	
MANCHE OCCIDENTALE AMOCO CADIZ	1978	0,2 - 138	MARCHAND & CAPRAIS (1981)

Dans les sédiments, les concentrations mesurées varient de 9 à 658  $\mu\text{g/g}$ . Le taux d'hydrocarbures biogènes est variable selon la nature du sédiment, faible ou nul dans un sédiment grossier ou sableux, significatif dans une vase. Nous utilisons deux critères pour conclure si un sédiment est pollué ou non. La première indication est trouvée dans le résultat lui-même. En première approximation un sédiment contenant plus de 100  $\mu\text{g/g}$  d'hydrocarbures totaux peut être considéré comme contaminé (tableau IV). Un second critère, développé par MARCHAND et ROUCACHE (1981), associe les deux paramètres hydrocarbures totaux (HC) et carbone organique (CO) du sédiment. La part d'hydrocarbures biogènes du sédiment est fonction du taux de carbone organique. L'expérience montre (tableau V) qu'un rapport HC (ppm) / CO (%) inférieur à 100 ne traduit pas l'existence d'une pollution significative par hydrocarbures au sein du sédiment. Ce second critère quantitatif a l'avantage de pouvoir faire abstraction de la nature du sédiment dans l'interprétation du résultat.



Tableau IV

Concentrations des hydrocarbures dans les sédiments marins  
(MARCHAND, ROUCACHE, 1981)

Description des échantillons de sédiments				Concentration d'hydrocarbures (ppm)/poids sec	Références
Lieu	Profondeur d'eau (m)	Profondeur échantillon (cm)	Observations		
<b>Échantillons non pollués (N)</b>					
Pacifique ouest	264	100 - 300	(N)	14 - 16	Shishenina et al. (1974)
Mer Noire	800	40 - 107	(N)	170	.
Mer de Norvège	360	104 - 285	(N)	11	.
	1 200	46 - 188	(N)	10	.
Méditerranée (au large)	> 200	surface	(N)	29	Meinschein (1969)
Delta de l'Orénoque (Vénézuéla)	?	?	(?)	27 - 110	.
Golfe de Batabano (Cuba)	?	?	(N)	15 - 85	.
Fosse de Carioca (Caraïbes)	> 200	?	(?)	56 - 352	.
Golfe du Mexique, au large (USA)	> 200	?	(N)	12 - 63	.
Golfe du Mexique (USA)	30 - 55	0 - 10	(N)	1,5 - 11,7	{ Gearing et al. (1976) Lytle & Lytle (1977)
La Manche (France)					
Estuaire de la Seine	surface	0 - 25	(N)	30 - 40	{ Tissier (1974)
Baie des Veys	surface	0 - 30	(N)	31 - 51	{ Tissier & Oudin (1973)
Mer de Beaufort (Canada)	7 - 155	surface	(N)	18,4 - 164	Wong et al. (1975)
Atlantique N.H.					
Plateau continental	23 - 37	5	(N)	5 - 16	Farrington & Tripp (1977)
Talus continental	190 - 2950	5	(N)	11 - 16	.
Plaine abyssale	5000	5	(N)	1,3 - 7,5	.
Baie de Narragansett (USA)	?	8 - 10	(N)	50 - 60	Farrington et Quinn (1973)
Long Cove (Maine) (USA)	?	surface	(N)	7 - 59	Mayo et al. (1975)
Baie de Buzzards (Mass.) (USA)	11	0 - 10	(N)	38 - 70	Blumer & Sass (1972, b)
<b>Échantillons pollués (P)</b>					
Baie de Chedabucto (Canada) (naufrage du Arrow, 2 ans)	3 12	5 5	(N - P) (N - P)	34 - 778 11 - 1240	Scarrat & Zitzko (1972)
Baie de Buzzards, Mass. (USA) (naufrage du Florida)					
Wild Harbor River (2 ans)	< 3	0 - 10	(P)	230 - 1630	Blumer & Sass (1972, a, b)
Silver Beach (2 ans)	1,5	0 - 10	(P)	550 - 12400	
Santa Barbara, Calif. (USA) (éruption d'une station de forage (1 an))	20 - 600	surface	(N - P)	< 200 - 21500	Kolpack et al. (1971)
Baie de Narragansett, R.I. (USA)					
Embouchure de Providence River	?	8 - 10	(P)	820 - 3560	Farrington & Quinn (1973)
Milieu de la baie	?	8 - 10	(P)	350 - 440	
Long Cove, Maine (USA)	?	surface	(P)	53 - 705	Mayo et al. (1975)
Baie de San Francisco (USA)	?	surface	(P)	1588	Di Salvo & Guard (1975)
La Manche (France)					
Estuaire de la Seine	surface	surface	(P)	230 - 920	{ Tissier (1974)
Estuaire de la Seine	15	surface	(P)	70 - 170	{ Tissier & Oudin (1973, 1975)

(N) non pollué  
(P) pollué

Tableau V

Comparaison des analyses pondérales avec les données de la littérature  
(MARCHAND, CAPRAIS, 1981)

Lieu	Nombre échant.	EXT CO × 100	(HC) Hydrocarbures ppm/сед.	HC CO × 10 <sup>4</sup>	Références
<b>Échantillons non pollués :</b>					
La Manche (France)					
- Estuaire de la Seine	3	1,15-2,07	30-40	16-31	{ Tissier (1974)
- Baie de Veys	2	1,05-2,08	31-51	26-53	{ Tissier, Oudin (1973, 1975)
Atlantique NW <sup>(1)</sup>	9	0,91-2,12	1,3-19	10-41	Farrington, Tripp (1977)
Golfe du Mexique	60	3,67-5,44	1,5-11,7	9-23	Gearing et al. (1976)
Sédiments récents	?	-	-	9-67	Philippi (1965)
<b>Échantillons pollués :</b>					
La Manche (France)					
- Estuaire de la Seine	3	3,36-7,58	230-920	232-430	{ Tissier (1974)
- Estuaire de la Seine	3	5,29-7,19	70-170	276-289	{ Tissier, Oudin (1973, 1975)
Atlantique NW <sup>(1)</sup> (zone côtière)	6	10,5-13,0 <sup>(2)</sup>	113-2 900	120-180 <sup>(2)</sup>	Farrington, Tripp (1977)
baie de Narragansett (USA)	4	-	350-3 560	313-724	Farrington, Quinn (1973)
Baie de Narragansett (USA)	8	-	520-5 410	1 350-15 590	Van Vleet, Quinn (1977)
<b>Notre étude :</b>					
Mer d'Iroise et baie d'Audierne	23	0,77-3,21 <sup>(2)</sup>	3,6-109,5	21-70	
Moyenne		1,59 ± 0,72	16 ± 23	37 ± 14	
Échantillons 3, 4, 7, 24 (maximums)		2,42-3,21	16-109,5	56-122	

<sup>(1)</sup> Valeurs calculées à partir des données des auteurs.

<sup>(2)</sup> Calcul effectué uniquement sur les deux échantillons les moins pollués (113, 191 ppm).

<sup>(3)</sup> Plus une valeur minimale isolée de 0,06 (échantillon 20).

Les principales conclusions que nous pouvons tirer sur les trois zones étudiées sont les suivantes :

- Baie de Banten

Cette baie non soumise à une quelconque industrialisation, présentant une activité maritime limitée à la pêche artisanale, peut être considérée comme zone de référence. Aucune trace significative d'hydrocarbures de pollution n'est identifiée, aussi bien dans l'eau que dans le sédiment. Les concentrations moyennes mesurées aux abords littoraux de la baie sont très faibles :

Eau :  $0,9 \pm 0,1 \mu\text{g/l}$ ,

Sédiment :  $24 \pm 12 \mu\text{g/g}$ .

- Baie de Cilacap

En comparaison avec la baie de Banten, une légère augmentation des hydrocarbures dans l'eau est observée ( $2,6 \pm 0,9 \mu\text{g/l}$ ). La gamme de concentrations rencontrées dans l'eau (1,4 à 9,0  $\mu\text{g/l}$ ) traduit la présence d'une faible pollution par hydrocarbures dans cette zone marine semi-fermée, explicable probablement par le trafic maritime local, les activités portuaires du port de Cilacap et les installations de raffinage localisées aux abords de la station 18 où nous trouvons une concentration maximale d'hydrocarbures dans l'eau. Cette légère contamination de l'eau se reflète également au niveau du sédiment. Les concentrations sont légèrement supérieures à celles observées dans la baie de Banten, en moyenne de  $44 \pm 36 \mu\text{g/g}$ . Toutefois ces valeurs ne reflètent pas un état de pollution significatif, le rapport HC/CO reste inférieur à 100. De ces valeurs, nous avons fait volontairement abstraction de la station C4, située en face du port de Cilacap, où nous trouvons une teneur en hydrocarbures de 658  $\mu\text{g/g}$  (HC/CO = 368) traduisant une contamination extrêmement localisée, reflet de l'activité portuaire.

- Baie de Jakarta

Dans l'eau, la concentration moyenne d'hydrocarbures est de  $2,2 \pm 0,9 \mu\text{g/l}$ , concentration analogue à celle reportée dans la baie de Cilacap. Les concentrations les plus basses sont localisées aux deux extrémités de la baie : à l'ouest (station JK20 : 1,1  $\mu\text{g/l}$ ) et à l'est (station JK11 : 0,5  $\mu\text{g/l}$ ). La concentration maximale est observée en face du port de Jakarta (station JK6 : 46,0  $\mu\text{g/l}$ ). Ailleurs les concentrations mesurées varient entre 2,0 et 3,6  $\mu\text{g/l}$ , traduisant ainsi une faible pollution chronique, reflet du trafic maritime dans ce secteur maritime.

Le sédiment, généralement du sable non vaseux à légèrement vaseux (CO : 0,20 à 0,97 %), confirme les conclusions des analyses d'eau de mer. La pollution par hydrocarbures n'est pas observée aux deux extrémités orientale (station JK9 et JK11) et occidentale (station JK18) de la baie : HC =  $19 \pm 13$  µg/g, HC/CO =  $40 \pm 24$ . Sur la bordure littorale de la baie, les teneurs en hydrocarbures totaux dans les sédiments varient de 25 à 331 µg/g (moyenne :  $114 \pm 106$  µg/g) avec un rapport HC/CO variant de 124 à 246 (moyenne :  $158 \pm 59$ ). Ces valeurs traduisent une pollution faible par hydrocarbures dans la baie de Jakarta, limitée aux abords de l'agglomération urbaine et des installations industrielles et portuaires.

En conclusion, excepté quelques secteurs extrêmement localisés, zone portuaire, installation de raffinage, les secteurs étudiés ne montrent pas des niveaux de pollution par hydrocarbures significatifs, tant dans l'eau que dans les sédiments. La baie de Banten peut être considérée comme zone de référence, les baies de Cilacap et de Jakarta correspondent à des zones soumises à des pollutions chroniques faibles (tableau VI).

Tableau VI

Pollution par hydrocarbures en baies de Banten, Cilacap et Jakarta

		EAU DE MER	SEDIMENT	
			HC	HC/CO
BANTEN	Référence. Absence de pollution	$0,9 \pm 0,1$ µg/l	$24 \pm 12$ µg/g	
CILACAP	Pollution chronique faible	$2,6 \pm 0,9$ µg/l	$44 \pm 36$ µg/g	368
	Pollutions locales significatives	Raffinerie (C8) : $9,0$ µg/l	Port (C4) : $658$ µg/g	
JAKARTA	Absence de pollution : extrémités occidentale (JK28) et orientale (JK9, JK11) de la baie	$0,5 - 1,1$ µg/l	$19 \pm 13$ µg/g	$40 \pm 24$
	Pollution chronique faible : bordure littorale de la baie	$2,2 \pm 0,9$ µg/l	$114 \pm 106$ µg/g	$158 \pm 59$
	Pollution locale significative	Port (JK6) : $46,0$ µg/l		

b. Composés organochlorés

Les composés organochlorés, résidus de pesticides chlorés (lindane, aldrine, dieldrine, composés du DDT) et résidus de PCB ne sont pas identifiés dans l'eau de mer à des teneurs supérieures au ng/l (seuil de détectabilité du protocole analytique utilisé dans cette étude). Les trois baies étudiées n'étaient pas soumises à des apports polluants au moment de l'échantillonnage.

Tableau VII

Composés organochlorés dans les sédiments  
Concentrations exprimées en ng/g (ppb)

	Stations	Lindane	DDE	DDD	DDT	ΣDDT	PCB
Baie de Banten	B1	-	-	-	-	-	-
	B5 (b)	-	0,5	0,7	1,5	2,7	-
	B9	-	-	-	-	-	-
	B11	-	-	-	-	-	-
Baie de Cilacap	C1	-	-	-	-	-	-
	C4	-	4,4	11,0	6,6	22,0	-
	C6	-	1,4	4,5	1,4	7,3	-
	C11	-	1,2	2,1	0,6	3,9	-
	C13	-	1,1	2,8	0,8	4,7	-
	C16	-	1,3	3,0	0,8	5,1	-
	C18	-	2,0	4,0	0,7	6,7	-
Baie de Jakarta	JK2	-	-	-	-	-	-
	JK6	-	2,0	4,3	2,3	8,6	9
	JK8	-	0,8	0,7	-	1,5	4
	JK9	-	0,5	0,5	-	1,0	-
	JK11	-	0,8	0,8	-	1,6	-
	JK17	-	0,9	2,7	0,6	4,2	-
	JK18	-	-	-	-	-	-
	JK20	1,0	2,7	2,0	0,5	5,2	6
	JK24	-	5,5	4,0	3,5	13,0	6
	JK28	-	0,6	0,8	-	1,4	-

(-) : non détecté  
Lindane, DDE, DDD, DDT < 0,5 ng/g  
ΣDDT < 1 ng/g  
PCB < 2 ng/g.

Les teneurs observées dans les sédiments sont présentées dans le tableau VII. Seuls les composés du DDT sont clairement identifiés dans les baies de Cilacap et de Jakarta, de < 2 ng/g à 22 ng/g. Les PCB sont observés sur seulement quatre stations dans la baie de Jakarta (4 à 9 ng/g). Le lindane n'est pas identifié, du moins à des teneurs supérieures au ng/g. Les analyses de sédiment confirment bien les conclusions précédentes à savoir l'absence de pollution importante par les composés organochlorés dans les zones étudiées. A titre comparatif, le tableau VIII illustre les gammes de concentrations rencontrées en PCB et en composés du DDT sur le littoral français (MARCHAND, 1982).

Tableau VIII

Résidus de DDT et de PCB dans les sédiments marins

Zone du large : ..... < ppb		
Zones côtières: - pollutions chroniques ..... 10 - 1000 ppb		
- pollutions accidentelles ..... 100 - 500 ppm		
<b>ZONES COTIERES</b>	PCB	DDT
ZONES NON CONTAMINEES .....	< 0,5 ppb	< 0,5 ppb
(ex: baie de St Brieuc, baie de Lannion, zone extérieure de la Rade de Brest)		
ZONES SOUMISES A DES POLLUTIONS CHRONIQUES		
* <u>Faiblement à modérément contaminées</u> .....	5 - 40 ppb	
(zones soumises à des apports de pollution mais où les phénomènes de sédimentation interviennent en amont et limitent la dispersion vers l'aval)		
ex: baie de Somme .....	10 ± 4	16 ± 44 ppb
Estuaire de la Seine .....	15 ± 8	
Estuaire de la Loire .....	20 ± 3	
Golfe de Fos .....	43 ± 52	
* <u>fortement contaminées</u> .....	50 - 400 ppb	
( au débouché ou à proximité immédiate des zones d'apports)		
ex: Canal de la Somme .....	84	27 ± 5
Zone nord de la Rade de Brest ..	98 ± 30	
Bande côtière face à Dunkerque	134 ± 134	
* <u>très fortement contaminées</u> .....	> 1000 ppb	
tel qu'au débouché de l'émissaire urbain de Cortiou (Marseille) .....	2500 - 15000	100 - 1500 ppb
<b>POLLUTIONS ACCIDENTELLES</b>		
Baie d'Escambia (USA) - fuite industrielle -	486 ppm	-
Los Angeles (USA) -rejets d'une usine productrice de DDT -		190 ppm

- Baie de Banten

Cette baie peut être considérée comme zone de référence. Les composés organochlorés ne sont pas identifiés dans le sédiment, à l'exception de quelques traces de DDT (2,7 ng/g) à la station B5 (b), la plus côtière.

- Baie de Cilacap

Seuls les composés du DDT sont identifiés dans le sédiment. Face à la zone océanique (station C1), aucune trace résiduelle de pesticide n'est relevée. Par contre la concentration la plus importante est observée face à l'agglomération de Cilacap (station C4 : 22 ng/g). Ailleurs, dans le chenal de navigation et dans la zone marine semi-fermée, les teneurs en DDT sont relativement homogènes, en moyenne de 5,5 ± 1,4 ng/g. Dans le milieu sédimentaire, le DDT tend à se transformer en DDD et DDE, produits de dégradation également toxiques. Il est admis qu'un fort pourcentage de DDT par rapport aux deux métabolites traduit une origine récente ou "fraîche" de ce produit dans le milieu récepteur. A l'inverse, un faible pourcentage de DDT

sera significatif d'apports anciens ou d'apports de produits déjà métabolisés. Face à Cilacap (C4), le DDT représente 30 % du DDT total, ailleurs ce pourcentage est encore plus faible, en moyenne de  $15 \pm 3$  %. Les faibles teneurs en composés du DDT observées dans la région de Cilacap, et les faibles pourcentages en DDT par rapport au DDT total indiquent que cette région n'est pas soumise à des apports polluants significatifs par ce type d'insecticide.

- Baie de Jakarta

Le lindane n'est pas identifié, à l'exception d'une quantité trace de 1 ng/g à la station JK20. De manière analogue à la région de Cilacap, la présence des composés du DDT est observée en faibles quantités dans les sédiments de la baie de Jakarta, de < 1 ng/g à 13 ng/g. Les deux plus fortes teneurs sont relevées face au port (JK6 : 8,6 ng/g) et face à la zone urbaine (JK24 : 13 ng/g). Ailleurs sur la bande côtière, les niveaux restent très faibles, en moyenne de  $2,3 \pm 1,7$  ng/g. Les PCB ne sont identifiés, à l'état de traces (4 à 9 ng/g), que dans la baie de Jakarta, respectivement face au port (JK6, JK8 : 9 et 4 ng/g) et face à la zone urbaine (JK20, JK24 : 6 ng/g). L'absence de PCB dans l'environnement marin du littoral indonésien était déjà signalée par DUURSMA (1976).

En conclusion, l'absence de composés organochlorés dans l'eau, les très faibles teneurs observées dans les sédiments pour les composés du DDT montrent que le milieu marin côtier des zones étudiées n'est pas soumis à des apports polluants significatifs. Les PCB qui constituent de bons indicateurs chimiques de pollution des rejets urbains et d'activités industrielles et portuaires ne sont identifiés qu'en baie de Jakarta à de faibles niveaux et de manière très localisée. Le tableau IX résume les conclusions précédentes.

Tableau IX

Composés du DDT et PCB dans les sédiments des baies de Banten, Cilacap et Jakarta

		Composés du DDT		PCB
		DDT total	% DDT	
Baie de Banten	Zone de référence non polluée	< 1 ng/g (sauf station B5 (b) : 2,7 ng/g)	-	< 2 ng/g
Baie de Cilacap	Zone extérieure (C1)	< 1 ng/g	-	< 2 ng/g
	Zone intérieure semi-fermée Face à Cilacap (C4)	$5,5 \pm 1,4$ ng/g 22 ng/g	$15 \pm 3$ % 30 %	< 2 ng/g < 2 ng/g
Baie de Jakarta	Bande côtière	$2,3 \pm 1,7$ ng/g	-	< 2 ng/g
	Face à la zone urbaine (JK24, JK28)	13 ng/g	27 %	6 ng/g
	Face au port (JK6, JK8)	8,6 ng/g	27 %	9 et 4 ng/g

## 2. Métaux

L'interprétation des résultats concernant la concentration des métaux dans le sédiment apparaît plus délicate que celle concernant les composés organiques tels que les organochlorés à haut poids moléculaire (DDT, lindane, PCB, par exemple). En effet, comme cela a été indiqué par ailleurs, ces derniers sont des produits de synthèse pour lesquels toute détection dans le milieu correspond à un apport de nature anthropogénique. Pour les métaux, la fraction liée de façon naturelle aux sédiments se superpose à la fraction de nature exogène. La différenciation entre ces deux fractions est, dans l'état actuel de nos connaissances, impossible à déterminer ou bien même à cerner comme cela est le cas pour les hydrocarbures. Pour certains de ces métaux, la fraction naturelle apparaît comme très largement supérieure à la fraction exogène. C'est le cas par exemple du fer où la fraction naturelle peut être exprimée en pourcentage du poids de sédiment, et non en "parties par million" comme c'est le cas pour la plupart des autres métaux. Dans ces conditions, l'apport de quelques microgrammes ou quelques dizaines de microgrammes de métal exogène est masqué par le "bruit de fond" naturel. Cependant, pour certains métaux qui s'avèrent être les plus toxiques pour l'environnement marin (Hg, Cd, Pb, Cu, Zn), le "bruit de fond" est très faible et peut être exprimé en milligramme ou microgramme de métal par kilogramme de sédiment. Pour ces métaux, la fraction anthropogénique est relativement plus importante par rapport à la fraction naturelle que pour le fer et le manganèse. Il apparaît de ce fait possible pour les métaux tels que Hg, Cd, Pb, Cu et Zn de porter, bien que subjective, une appréciation sur l'état de pollution des sédiments par comparaison des valeurs trouvées d'un sédiment à l'autre ou d'un site géographique à un autre.

### a. Baie de Jakarta

Les concentrations des éléments métalliques dans le sédiment (fraction normalisée inférieure à 63  $\mu\text{m}$ ) sont reportées sur le tableau X et sur les figures 5 à 13.

L'ensemble des métaux analysés peut être subdivisé en trois groupes, selon le pouvoir toxique et selon l'origine, anthropogénique ou non, du métal considéré. Ces trois groupes comportent respectivement :

- le fer et le manganèse, à très faible pouvoir toxique, et dont les concentrations observées sont plus liées à la nature du sédiment qu'à des apports anthropogéniques,
- le nickel, le chrome et le cobalt, à pouvoir toxique modéré,
- le mercure, le plomb, le zinc, le cuivre et le cadmium, à pouvoir toxique élevé, et pour lesquels la fraction d'origine anthropogénique peut être très importante par rapport à la fraction d'origine naturelle.

Tableau X

Concentrations des métaux dans le sédiment de la baie de Jakarta (fraction < 63 µm)  
Les valeurs sont exprimées en mg/kg, excepté le fer exprimé en %.

Station	Hg	Cu	Mn	Zn	Fe	Pb	Cd	Ni	Co	Cr
1	0,403	82,9	1553	126,7	4,3	34,2	< 0,5	10,3	15,0	9,6
2	0,305	18,6	1658	99,2	4,6	20,7	"	10,5	15,0	10,9
3	1,014	11,8	1280	108,8	3,9	13,5	"	10,9	16,6	11,2
4	0,346	20,7	1858	105,3	4,0	438,0	"	15,4	14,9	14,1
5	1,202	32,9	1281	154,8	3,6	76,3	"	10,7	13,1	10,4
6	2,282	42,2	1469	179,2	4,3	109,4	"	13,5	15,4	15,7
7	0,795	30,9	1314	143,7	3,6	69,9	"	12,0	12,2	11,4
8	0,130	27,8	1143	101,4	4,2	22,0	"	13,8	13,6	12,3
9	0,053	15,6	1806	85,3	4,5	12,0	"	11,9	14,6	16,5
10	0,071	33,2	1396	94,0	3,8	19,1	"	14,0	13,1	12,2
11	0,054	15,8	1795	75,8	3,8	25,2	"	12,2	13,2	10,7
12	0,047	15,1	1468	133,7	6,7	19,5	"	14,6	22,5	32,5
13	0,085	31,9	1002	91,4	3,5	21,8	"	13,8	12,6	14,0
14	0,094	19,0	1032	86,7	3,7	18,1	"	12,9	12,8	11,1
15	0,093	20,1	1077	93,4	3,7	20,3	"	13,3	12,3	12,4
16	0,114	21,2	1270	101,2	4,0	20,8	"	13,0	13,4	12,7
17	0,106	43,3	927	92,0	4,3	34,5	"	14,0	12,9	15,1
18	0,107	17,4	1151	64,1	4,1	9,0	"	4,8	11,8	5,0
19	0,093	22,5	1261	68,2	3,9	9,8	"	5,6	12,6	4,9
20	0,137	29,0	1659	94,2	4,1	16,7	"	7,3	12,0	5,2
21	1,543	25,8	1746	107,5	3,8	18,9	"	7,5	12,1	7,0
22	0,109	21,7	1402	82,3	3,6	14,5	"	7,6	11,6	5,9
23	0,145	31,8	1892	118,1	4,5	23,3	"	9,1	14,8	9,5
24	0,218	40,7	1731	179,8	5,2	31,5	"	7,6	17,5	10,5
25	0,179	30,5	1042	127,1	3,9	26,2	"	10,3	12,7	13,7
26	0,240	34,2	1088	146,9	4,3	27,6	"	8,5	13,5	13,4
27	0,266	32,6	1536	123,5	4,5	28,8	"	7,5	13,0	10,3
28	3,568	28,6	1852	147,6	6,1	24,1	"	7,7	22,1	13,7
29	0,204	25,0	1225	89,0	4,1	18,2	"	8,9	13,4	8,9
30	1,835	35,5	1298	165,5	5,4	28,1	"	6,2	18,4	12,4

Le tableau XI met en évidence des valeurs obtenues sur le littoral français. Les concentrations de fer et de manganèse observées dans la baie de Jakarta sont, d'une façon générale, plus élevées que celles relevées sur le littoral français. Cependant, comme précédemment indiqué, les concentrations de ces deux métaux sont plus liées à la nature du sédiment qu'à des apports d'origine anthropogénique. Leur présence en concentrations faible ou élevée ne présente aucune signification quant à la pollution du milieu marin par ces métaux.

Pour le nickel et le chrome, les concentrations observées dans la baie de Jakarta sont similaires aux concentrations observées sur les zones du littoral français les moins soumises aux apports industriels : baie de Saint-Brieuc et Cannes-Villefranche par exemple.



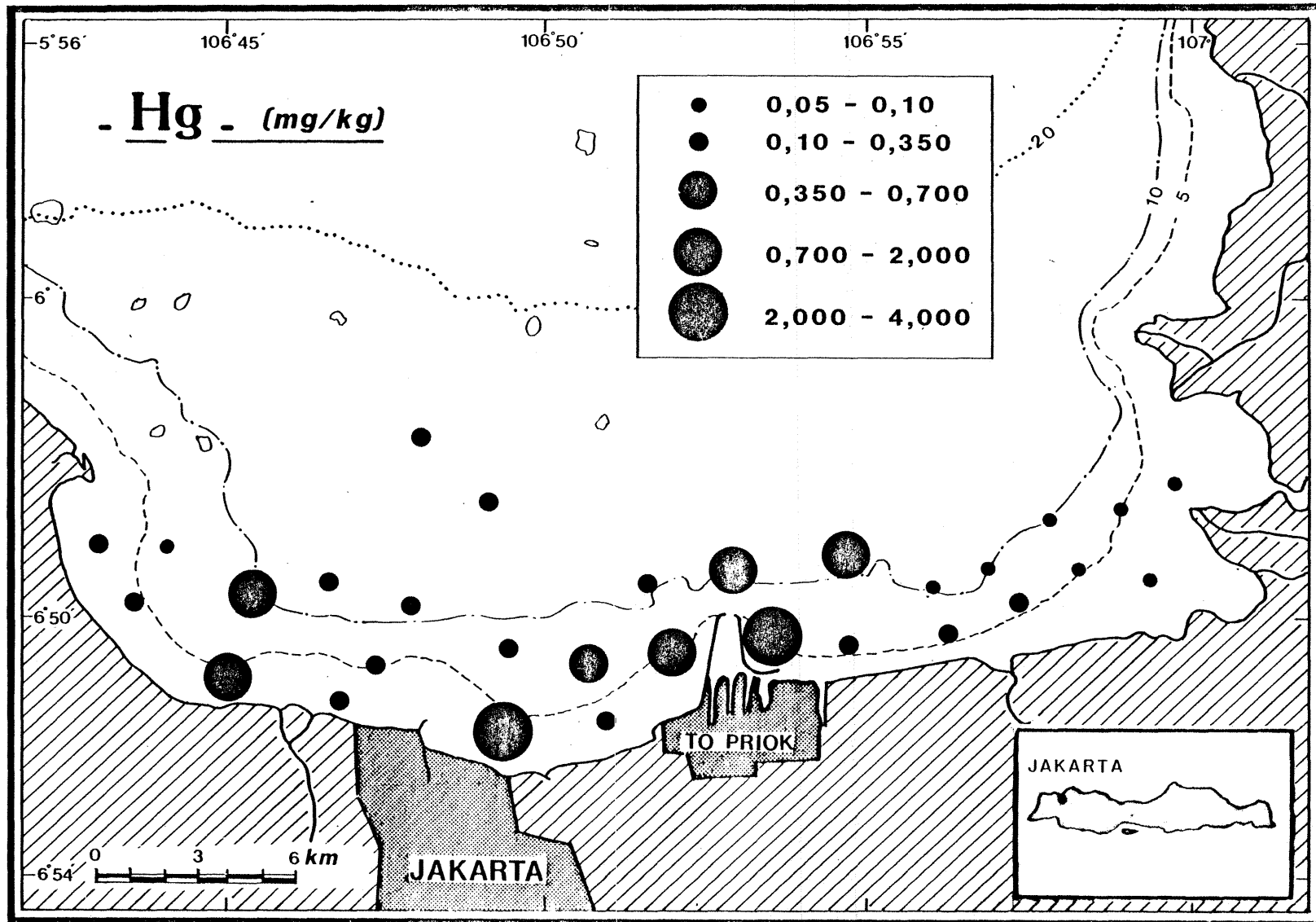


Figure 5 : Concentration du mercure dans les sédiments de la baie de Jakarta (fraction <math>< 63 \mu\text{m}</math>).

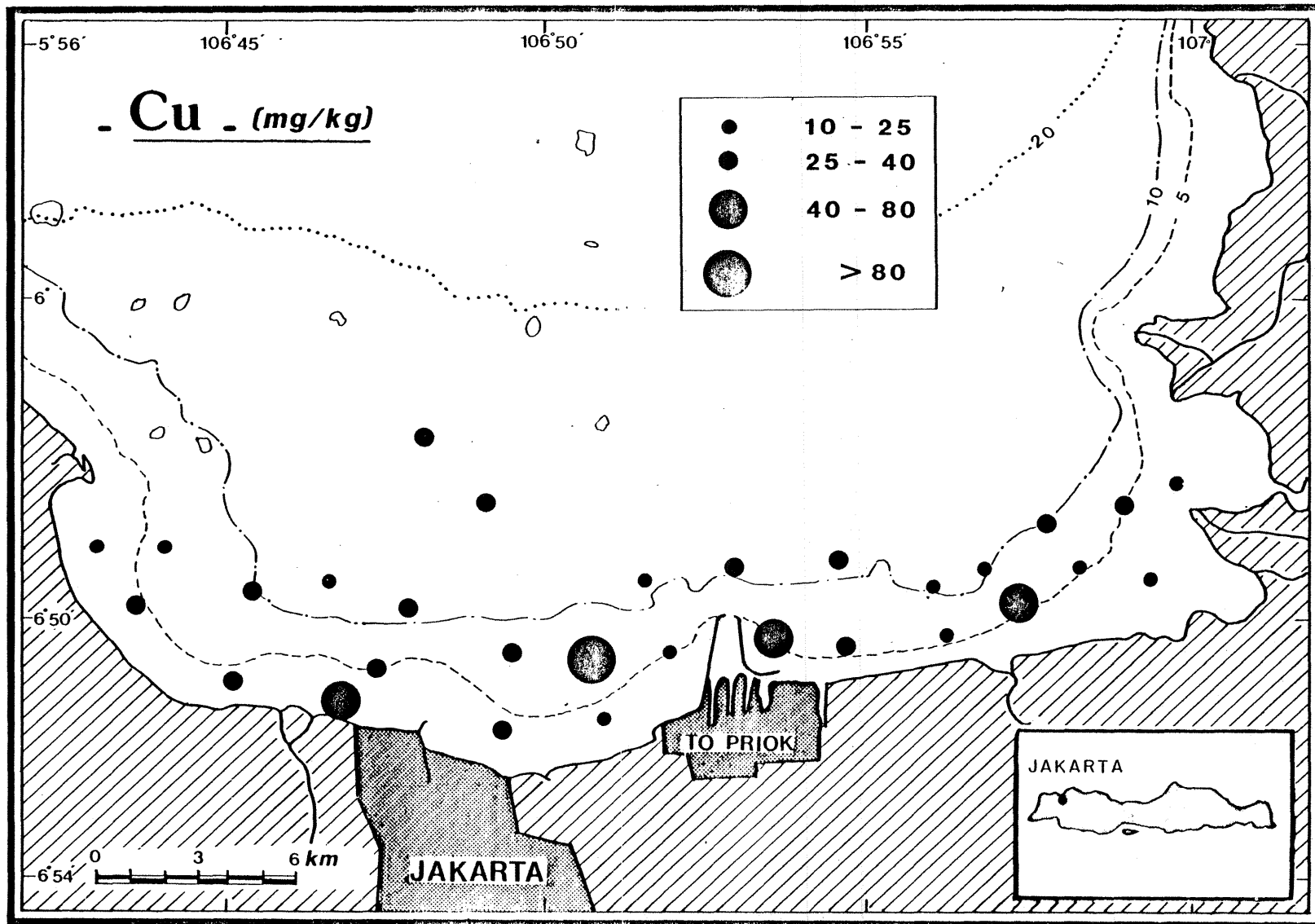


Figure 6 : Concentration du cuivre dans les sédiments de la baie de Jakarta (fraction < 63  $\mu$ m).

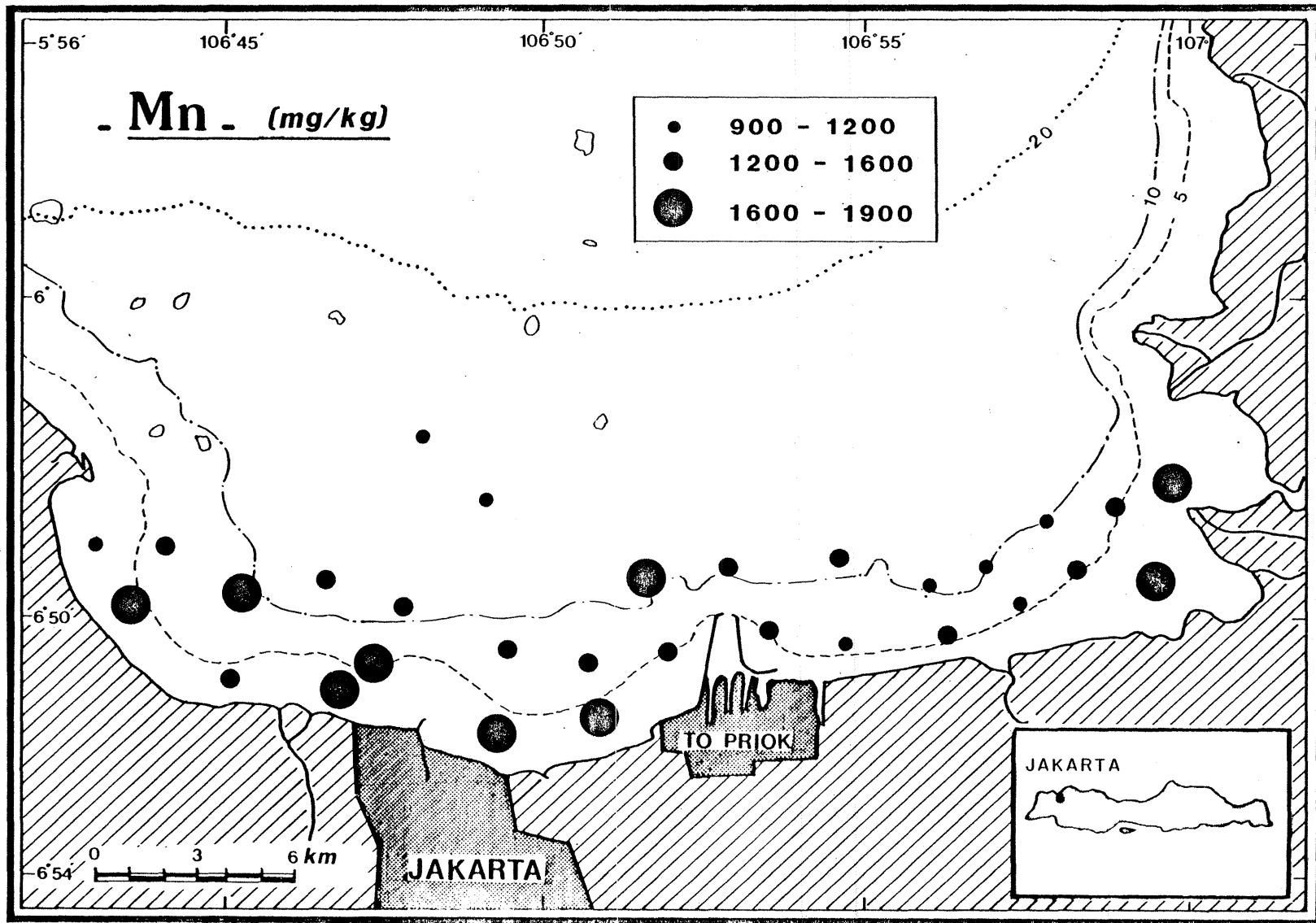


Figure 7 : Concentration du manganèse dans les sédiments de la baie de Jakarta (fraction < 63  $\mu\text{m}$ ).

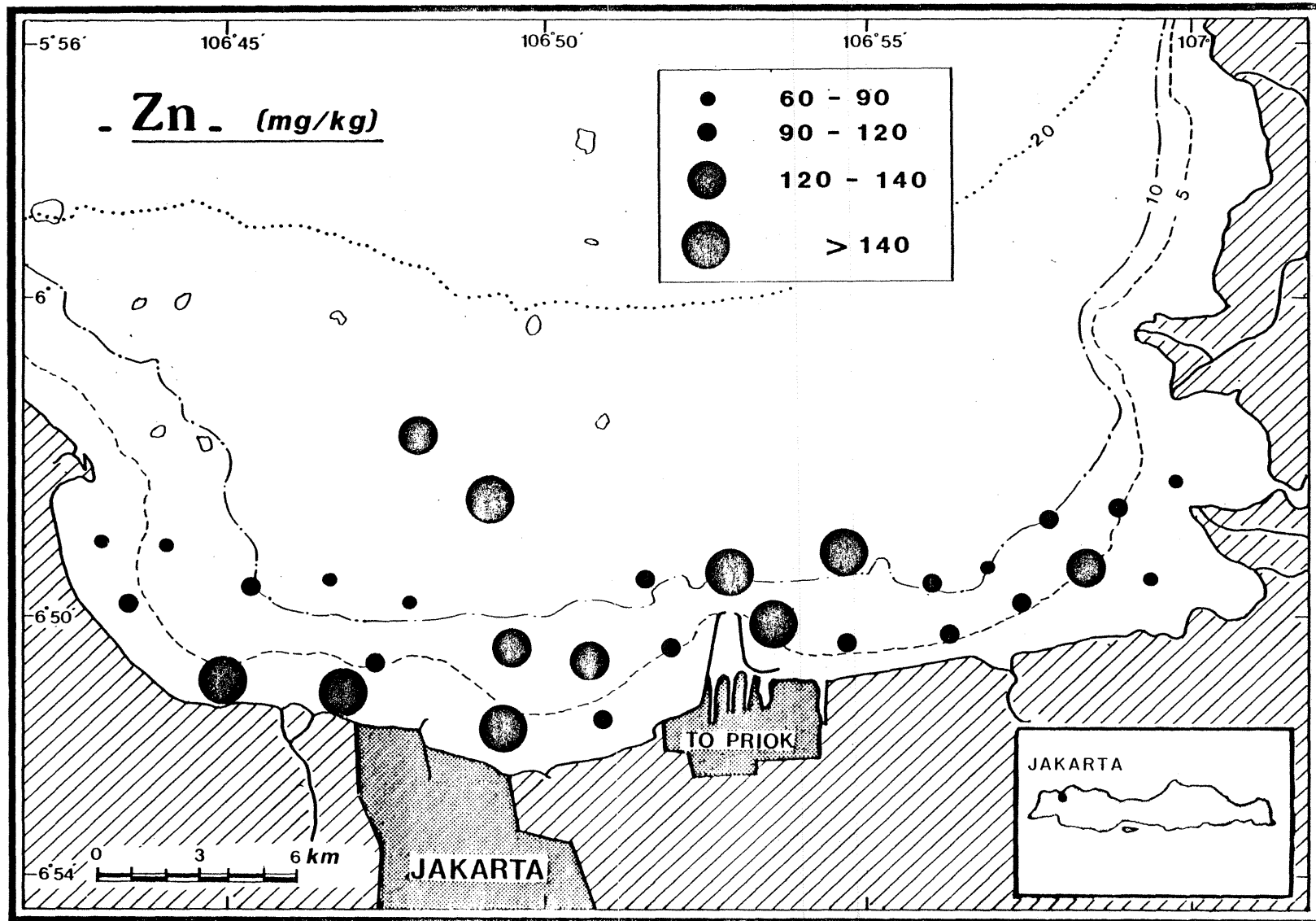


Figure 8 : Concentration du zinc dans les sédiments de la baie de Jakarta (fraction < 63  $\mu$ m).

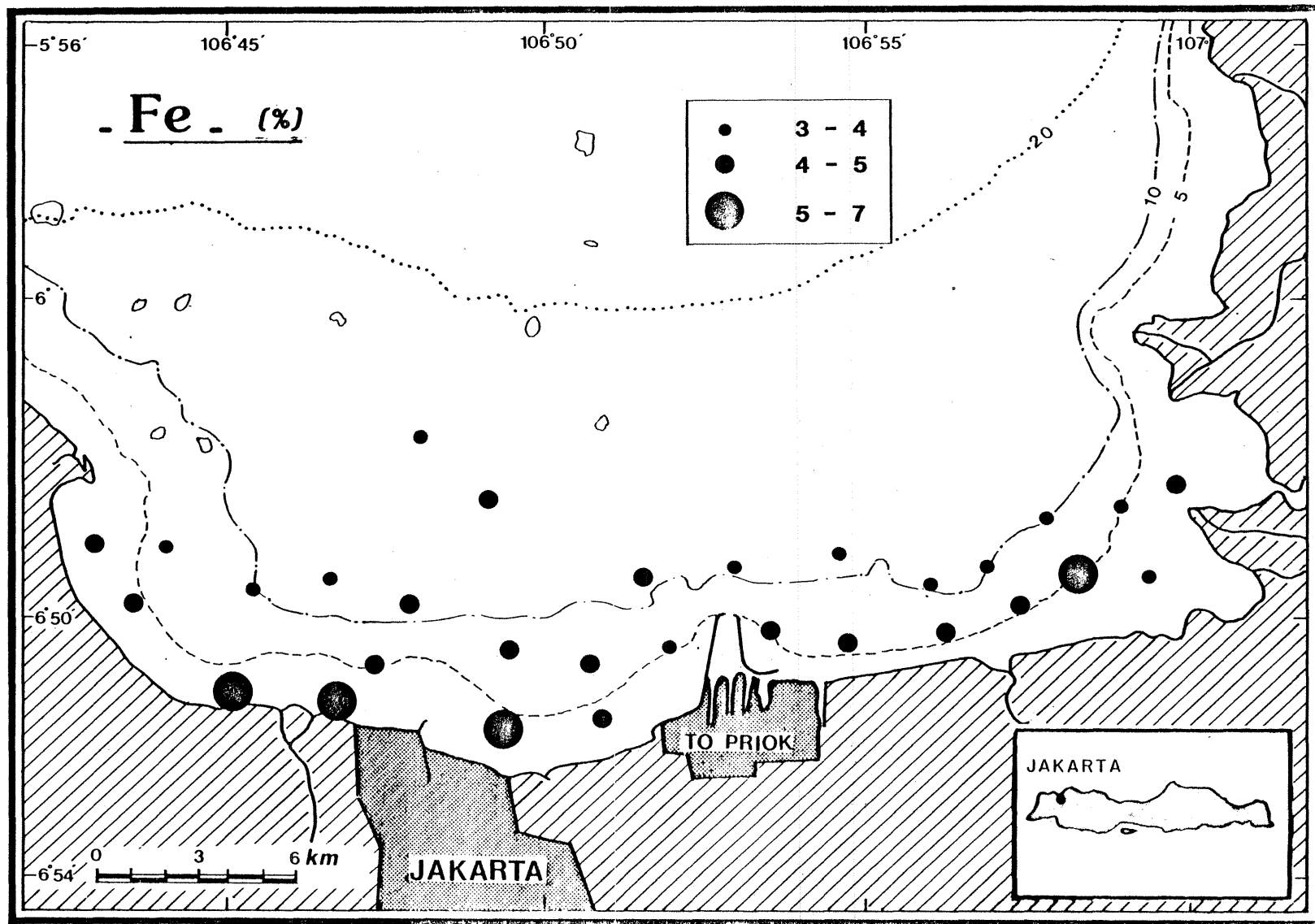


Figure 9 : Concentration du fer dans les sédiments de la baie de Jakarta (fraction < 63 µm).

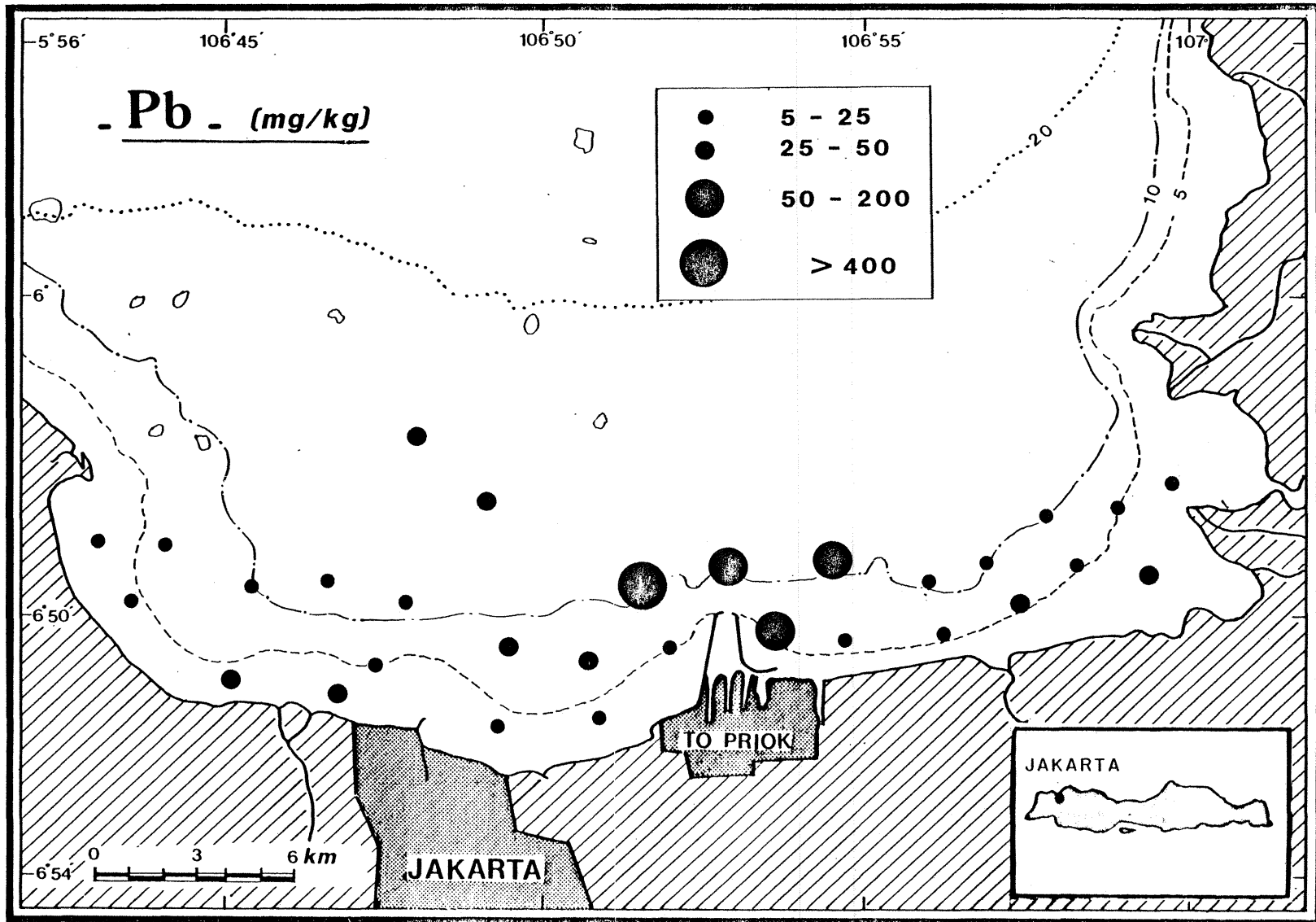


Figure 10 : Concentration du plomb dans les sédiments de la baie de Jakarta (fraction < 63  $\mu\text{m}$ ).

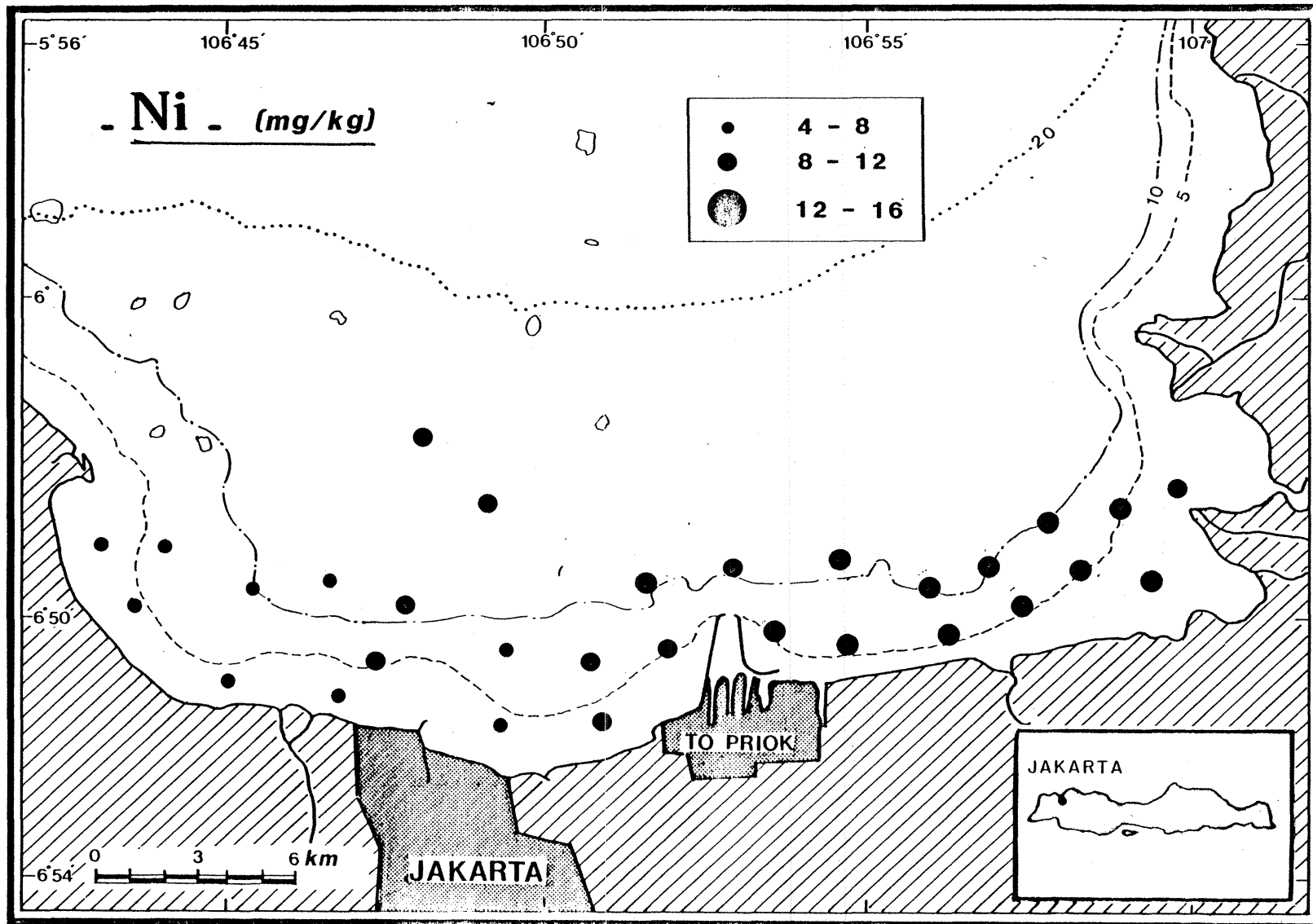


Figure 11 : Concentration du nickel dans les sédiments de la baie de Jakarta (fraction <math>< 63 \mu\text{m}</math>).

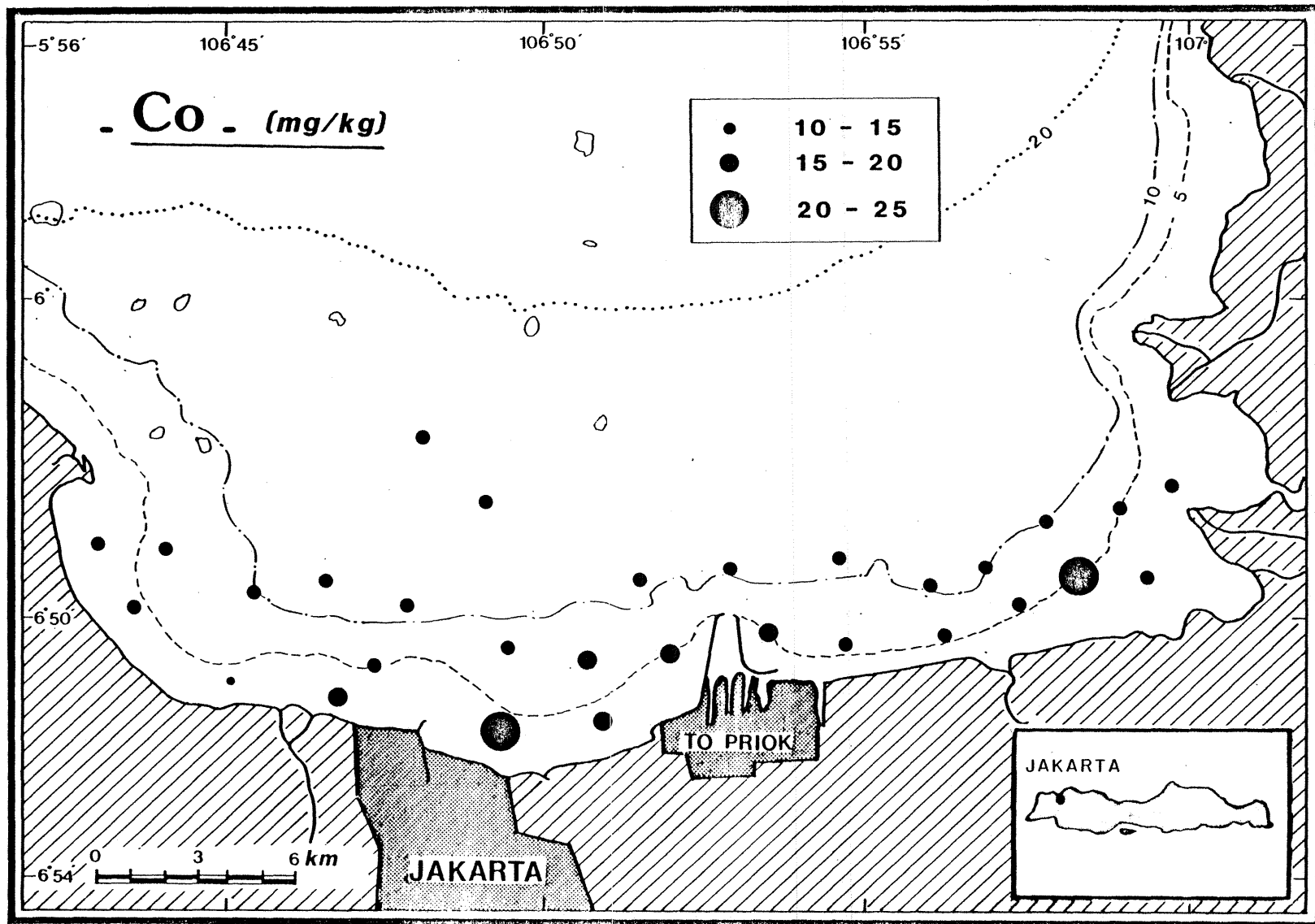


Figure 12 : Concentration du cobalt dans les sédiments de la baie de Jakarta (fraction < 63  $\mu\text{m}$ ).



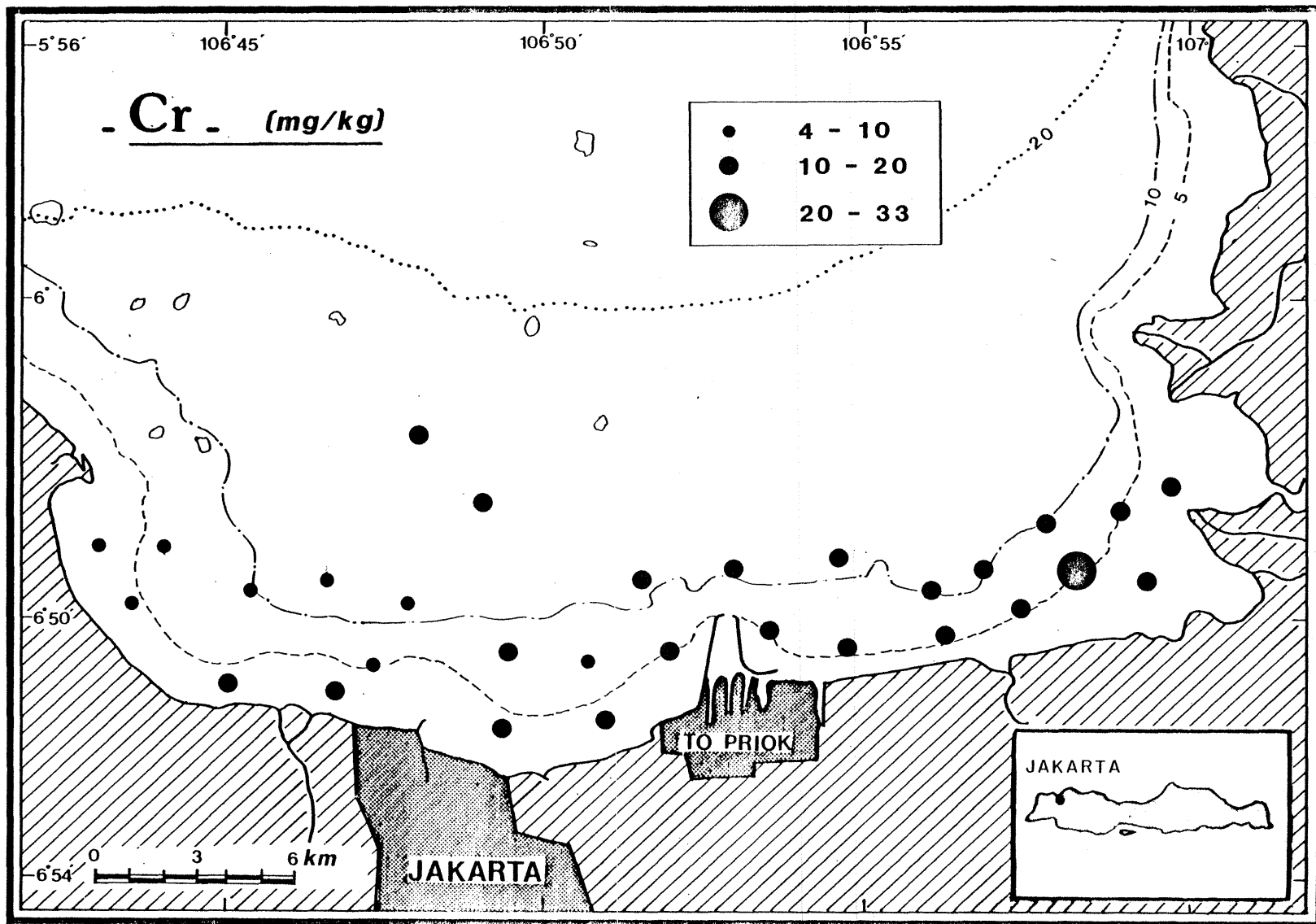


Figure 13 : Concentration du chrome dans les sédiments de la baie de Jakarta (fraction < 63  $\mu\text{m}$ ).

Tableau XI

Concentrations des métaux dans le sédiment du littoral français (RNO, 1981)  
 Les concentrations sont exprimées en mg/kg de sédiment, à l'exception du fer exprimé en %.

	Hg	Pb	Zn	Cd	Cu	Mn	Fe	Ni	Cr	As	Co
Région Dunkerque	0,09-0,31	1-170	8-260	0,1-1,2	2,5-45	8-530	0,06-3,6	-	-	-	-
Baie de Seine	0,08-0,97	19-110	145-450	0,4-4,2	19-73	280-860	1,6-3,3	-	-	-	-
Baie de St Brieuc	0,05-0,15	23-72	102-488	< 1	9-28	133-581	-	6-14	-	-	-
Rade de Brest	0,27-0,81*	32-224	84-353	< 1	21-47*	143-521	-	13-25	-	-	-
Golfe du Morbihan	0,01-0,20	31-56	108-336	< 1	12-36	192-289	-	17-36	-	-	-
Estuaire Vilaine	0,03-0,37	20-35	85-135	< 0,5	5-10	320-471	-	11-15	19-40	-	-
Estuaire Loire	0,06-0,45	16-87	50-216	< 0,5	5-26	406-985	-	14-30*	34-75*	-	-
Golfe de Fos	0,19-1,51*	16-105*	144-452*	0,43-22,7*	30-76*	-	1,8-3,3	-	39-89*	7,6-15	-
Cannes-Villefranche	0,06-0,70	8-66	30-142	0,1-1,2	4,5-30	-	-	4-23	10-23	-	0,3-5,7

\* : Les valeurs obtenues directement dans le port ou dans un canal exutoire n'ont pas été répertoriées.

Pour le cobalt, les valeurs observées sur le littoral européen sont reportées sur le tableau XII. Nous pouvons constater que pour ce métal, les concentrations observées à Jakarta sont identiques aux gammes de concentrations mesurées sur le littoral européen.

Tableau XII

Concentrations de cobalt  
dans les sédiments de divers sites côtiers européens  
Les concentrations sont exprimées en mg/kg.

Site côtier	Concentration	Référence
Littoral Cannes-Villefranche	0,3-5,7	RNO, 1981
Nord - Pas de Calais	5-10	ANONYME, 1980
Estuaire de la Tamise (GB)	2,4-15	NELSON, 1979
Estuaire du Solway (GB)	8-50	PERKINS <i>et al.</i> , 1973
Lyme Bay (GB)	4,8-14	TAYLOR, 1974
Estuaire de la Clyde (GB)	13-40	PERKINS <i>et al.</i> , 1973

Les métaux à haut pouvoir de toxicité tels que Pb, Cu, Zn et Cd présentent également des concentrations relativement basses et conformes aux valeurs que l'on peut trouver dans un milieu non pollué. Le tableau XIII met en évidence les valeurs que l'on peut observer dans le milieu naturel. Nous constatons que pour les quatre métaux précédemment cités, les valeurs observées pour la baie de Jakarta sont conformes aux chiffres indiqués sur ce tableau. Les concentrations de cadmium sont pour leur part relativement basses. En effet, pour aucune des 30 stations effectuées, les concentrations de ce métal sont supérieures aux limites des techniques d'analyses utilisées, à savoir 0,5 mg/kg.

Tableau XIII

Concentrations des métaux  
dans la fraction fine (< 63  $\mu$ m) des sédiments marins  
Plages de variation (RNO, 1981)  
Les concentrations sont exprimées en mg/kg de sédiment.

Métal	Milieu naturel	Teneurs anormales
Hg	0,02-0,35	2,5
Zn	20-150	600
Pb	10-70	500
Cu	5-30	300
Cd	0,1-2,0	10

Pour le mercure par contre, certaines des concentrations mesurées peuvent être considérées comme élevées par rapport aux valeurs observées sur le littoral français (tableau XI). De plus, si on compare les valeurs obtenues aux plages de variations (tableau XIII), nous constatons que certaines stations de prélèvement présentent des concentrations supérieures aux valeurs considérées comme normales pour le milieu naturel. Ces stations sont celles dont les concentrations sont supérieures à 0,350 mg/kg. Certaines de ces stations présentent des valeurs nettement plus élevées (stations 3, 5, 6, 21, 30) ou même considérées comme anormales, c'est-à-dire pour lesquelles la concentration observée est supérieure à 2,5 mg/kg (station 28).

Si les résultats obtenus montrent que les concentrations des éléments métalliques, excepté pour le mercure sur certaines stations, peuvent être considérées comme normales pour un milieu côtier marin, il apparaît cependant que les concentrations les plus élevées pour les métaux tels que le cuivre, le zinc, le plomb sont observées à proximité des installations portuaires ou de l'agglomération de Jakarta. Il s'agit des stations 1, 6, 24 pour le cuivre ; 5, 6, 7, 24, 28 et 30 pour le zinc ; 4, 5, 6, 7 pour le plomb. Il semblerait donc, pour ces trois métaux, que les activités urbaines et portuaires soient la cause d'une surcharge en éléments métalliques des sédiments de la zone considérée. Toutefois cette surcharge apparaît quantitativement limitée et ne peut être considérée comme anormale.

Pour le mercure, comme pour Cu, Zn et Pb, la proximité du port et de la zone urbaine de Jakarta occasionne une surcharge en métal certaine qui apparaît comme non négligeable. En effet, les concentrations peuvent varier d'un facteur  $\approx 75$  de la station présentant la valeur la plus basse à celle présentant la valeur la plus élevée.

#### b. Baie de Banten

Les concentrations des éléments métalliques dans la baie de Banten sont reportées sur le tableau XIV et sur les figures 14 à 22. De plus, le tableau XV présente les moyennes de l'ensemble des résultats obtenus pour les trois sites investigués.

L'observation des résultats montre que les concentrations observées, pour l'ensemble des métaux, sont dans tous les cas inférieures aux concentrations mesurées dans la baie de Jakarta. Ceci est particulièrement évident pour le mercure, pour lequel les concentrations moyennes mesurées à Banten sont dix fois inférieures à celles mesurées à Jakarta. La comparaison des résultats obtenus pour Banten avec les données répertoriées dans la littérature (tableau XI) montre que les concentrations des éléments métalliques observées à Banten sont relativement basses.

Tableau XIV

Concentrations des métaux dans le sédiment de la baie de Banten (fraction < 63 µm)  
Les valeurs sont exprimées en mg/kg, excepté le fer exprimé en %.

Station	Hg	Cu	Mn	Zn	Fe	Pb	Cd	Ni	Co	Cr
1	0,058	14,7	1732	71,9	4,7	18,0	< 0,5	6,0	12,9	3,9
2	0,042	10,3	1158	64,2	4,0	19,4	"	8,7	11,4	6,8
3	0,042	8,8	1544	72,2	5,3	19,3	"	7,2	13,8	5,6
4	0,032	7,9	1227	64,6	4,4	16,3	"	4,0	10,1	2,6
5	0,035	6,8	651	52,4	3,3	12,1	"	9,7	9,1	7,0
6	0,049	9,9	1084	67,4	4,1	15,0	"	6,3	11,9	3,0
7	0,043	9,0	609	63,4	3,4	13,3	"	12,3	10,0	9,8
8	0,144	10,2	814	70,4	3,9	15,8	"	12,4	10,8	8,4
9	0,047	7,9	741	64,2	4,0	14,0	"	7,9	11,7	6,9
10	0,043	8,5	630	65,4	3,8	14,0	"	11,4	11,4	9,8
11	0,047	8,8	1579	72,1	4,4	17,5	"	9,6	14,2	9,3
12	0,045	9,9	2159	71,2	4,9	22,3	"	10,6	15,0	8,4
13	0,063	8,5	665	64,1	3,6	14,6	"	12,9	10,5	11,2
14	0,047	7,5	694	63,5	3,6	13,4	"	10,9	10,6	9,4
15	0,062	9,4	1030	65,3	3,8	14,5	"	5,3	9,9	2,9
5A	0,044	6,8	629	55,8	3,3	11,2	"	8,5	9,0	7,2
5B	0,054	6,4	740	53,9	3,7	10,3	"	8,1	9,8	6,0
5C	0,047	6,8	692	55,6	3,4	11,7	"	10,5	9,9	9,9
9A	0,052	7,8	811	64,2	4,1	14,0	"	8,4	12,8	6,7
9B	0,128	8,3	824	74,3	4,6	16,5	"	10,3	13,5	12,0

Tableau XV

Concentrations moyennes (+ écart-type) des éléments métalliques  
observées sur les sites de Jakarta, Banten et Cilacap  
Les concentrations sont exprimées en mg/kg, excepté le fer exprimé en %.

	Jakarta	Banten	Cilacap
Hg	0,528 ± 0,814	0,056 ± 0,028	0,196 ± 0,132
Cu	28,6 ± 13,2	8,7 ± 1,8	42,9 ± 13,3
Mn	1407 ± 292	1001 ± 440	1078 ± 524
Zn	112,9 ± 31,7	64,7 ± 6,3	82,4 ± 8,2
Fe	4,27 ± 0,73	4,02 ± 0,56	5,02 ± 0,47
Pb	41,7 ± 77,8	15,2 ± 3,0	10,4 ± 3,2
Ni	10,5 ± 3,0	9,1 ± 2,5	23,6 ± 3,0
Co	14,3 ± 2,8	11,4 ± 1,8	17,1 ± 1,6
Cr	11,8 ± 5,0	7,3 ± 2,8	15,9 ± 3,9
Cd	< 0,5	< 0,5	< 0,5

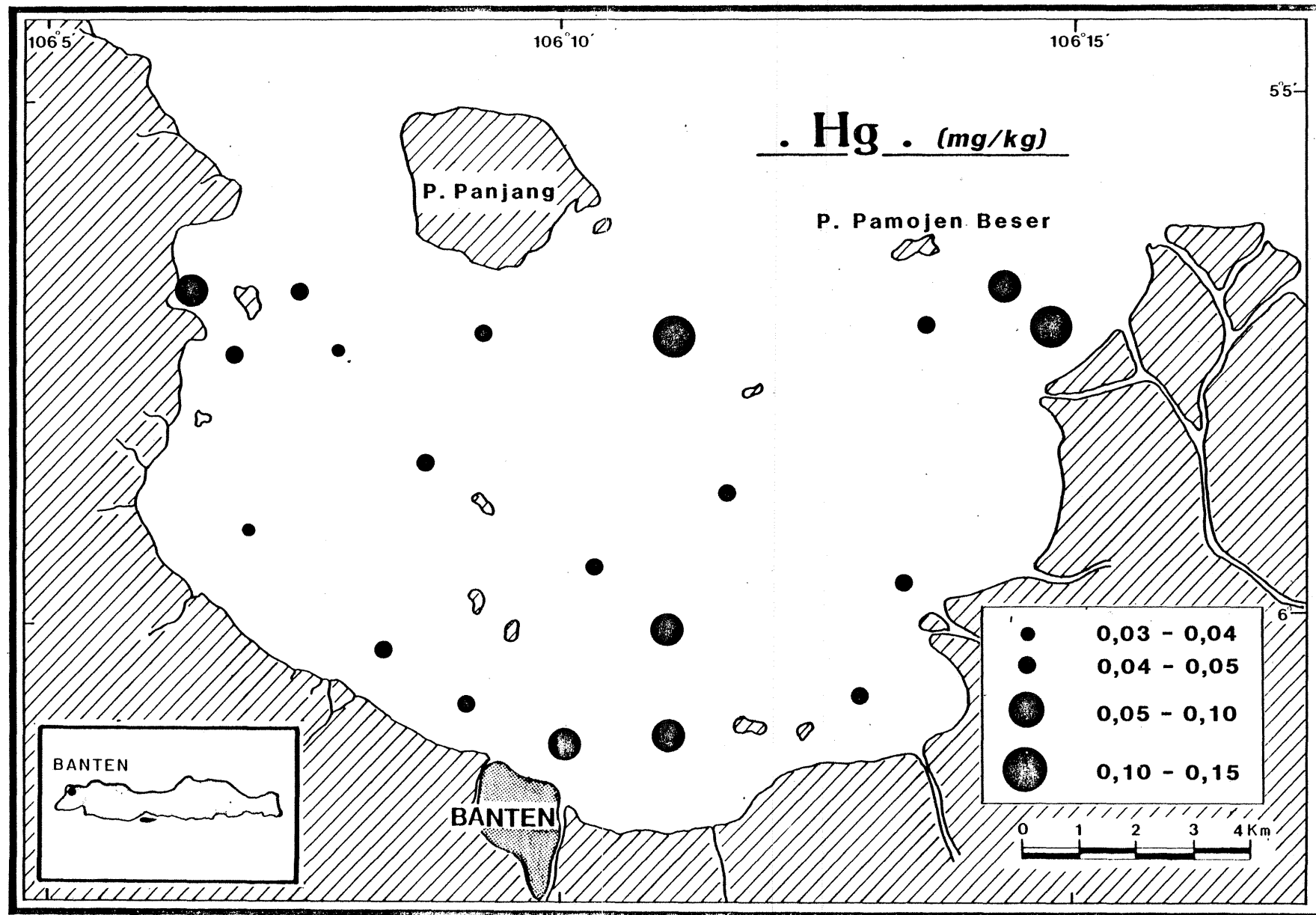


Figure 14 : Concentration du mercure dans les sédiments de la baie de Banten (fraction < 63  $\mu$ m).

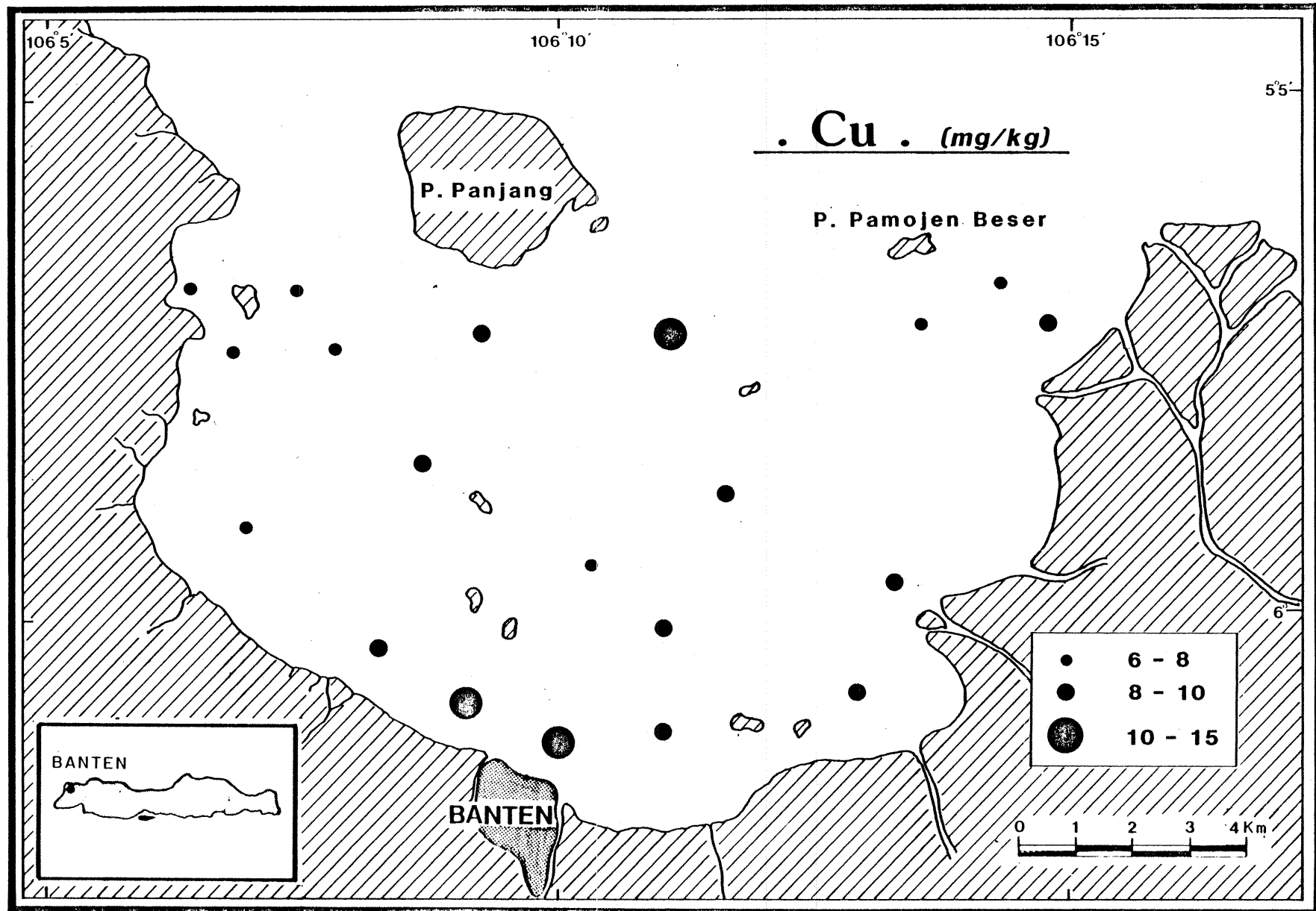


Figure 15 : Concentration du cuivre dans les sédiments de la baie de Banten (fraction < 63  $\mu\text{m}$ ).

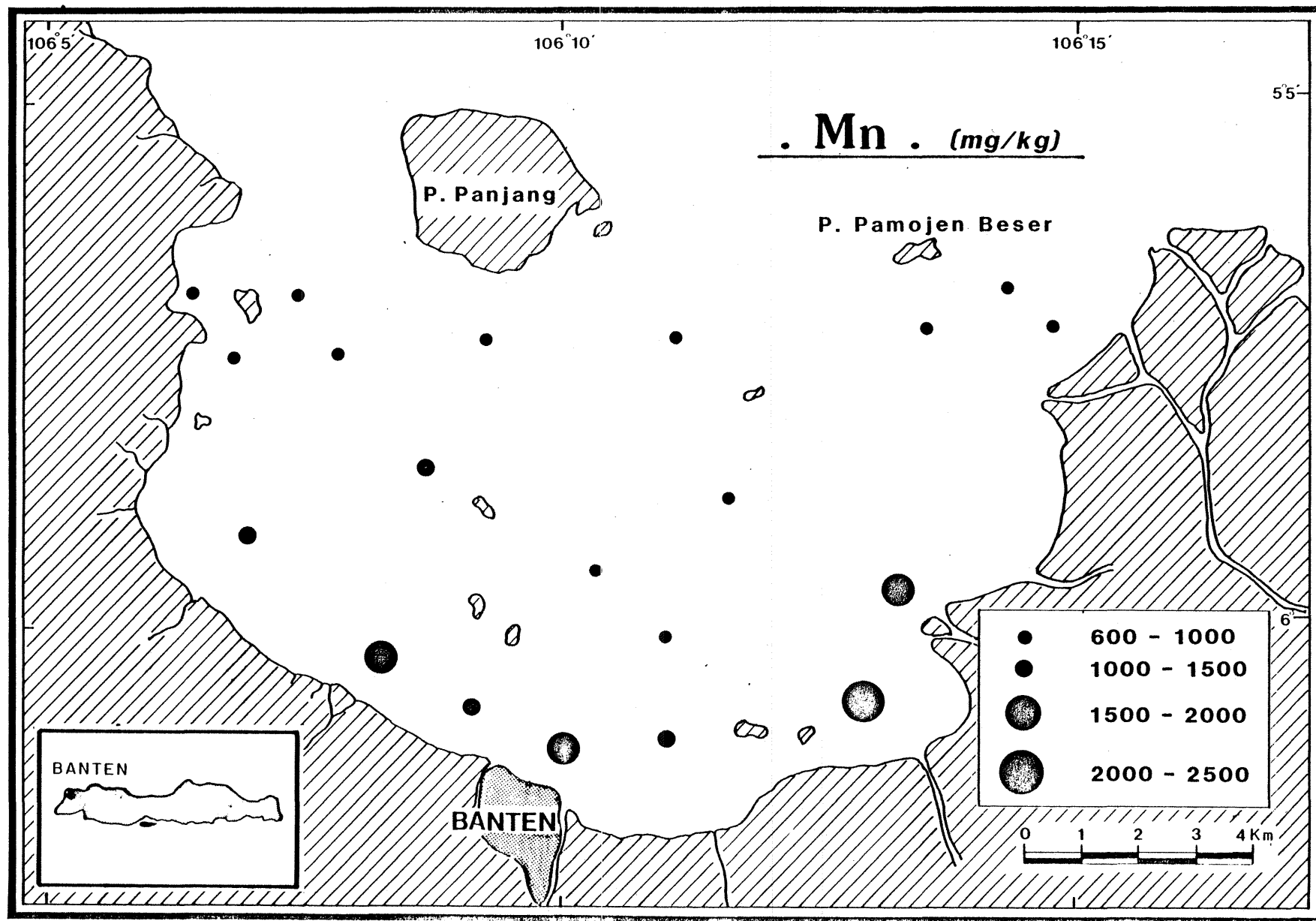


Figure 16 : Concentration du manganèse dans les sédiments de la baie de Banten (fraction <math>< 63 \mu\text{m}</math>).



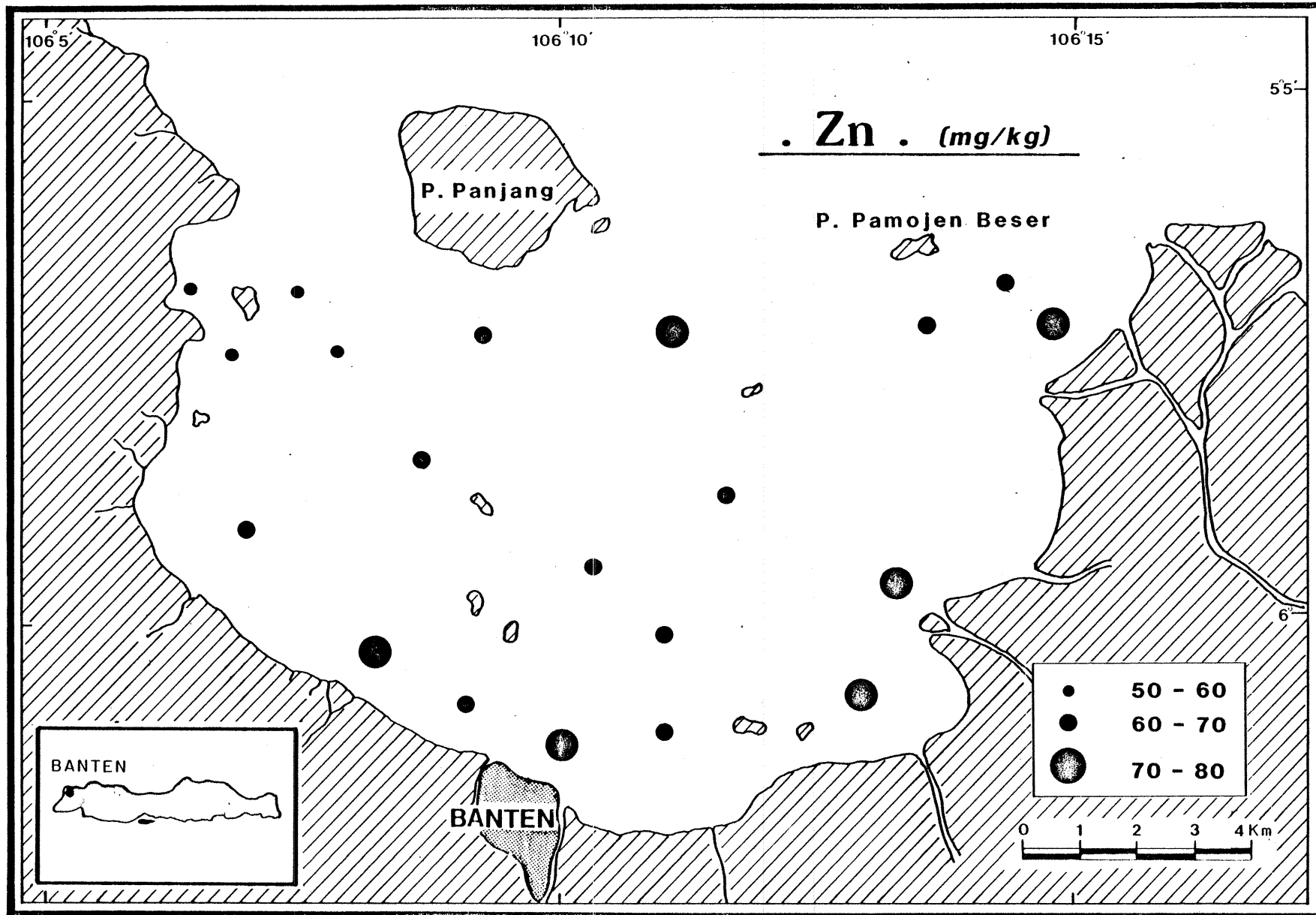


Figure 17 : Concentration du zinc dans les sédiments de la baie de Banten (fraction <math>< 63 \mu\text{m}</math>).

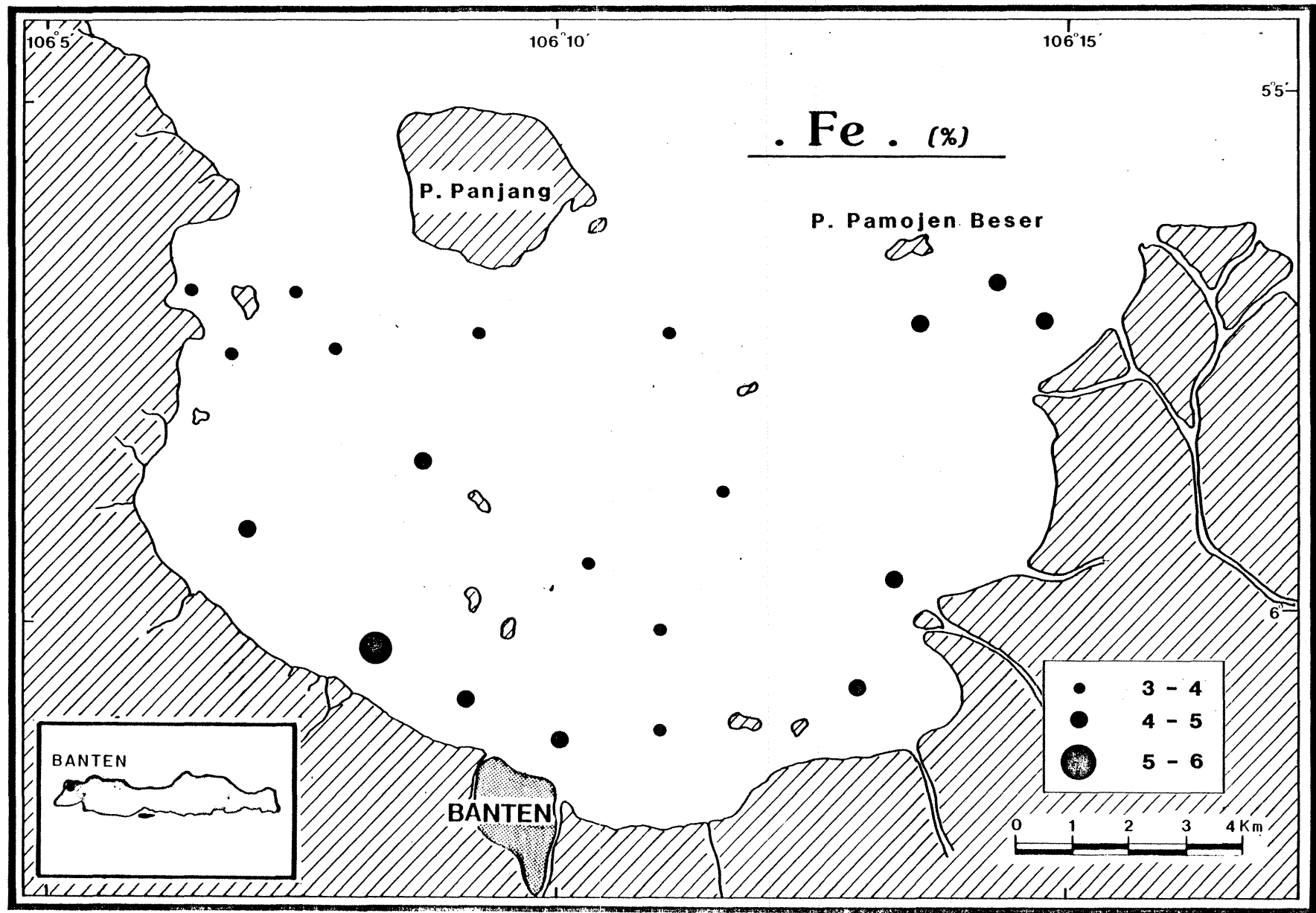


Figure 18 : Concentration du fer dans les sédiments de la baie de Banten (fraction < 63  $\mu$ m).

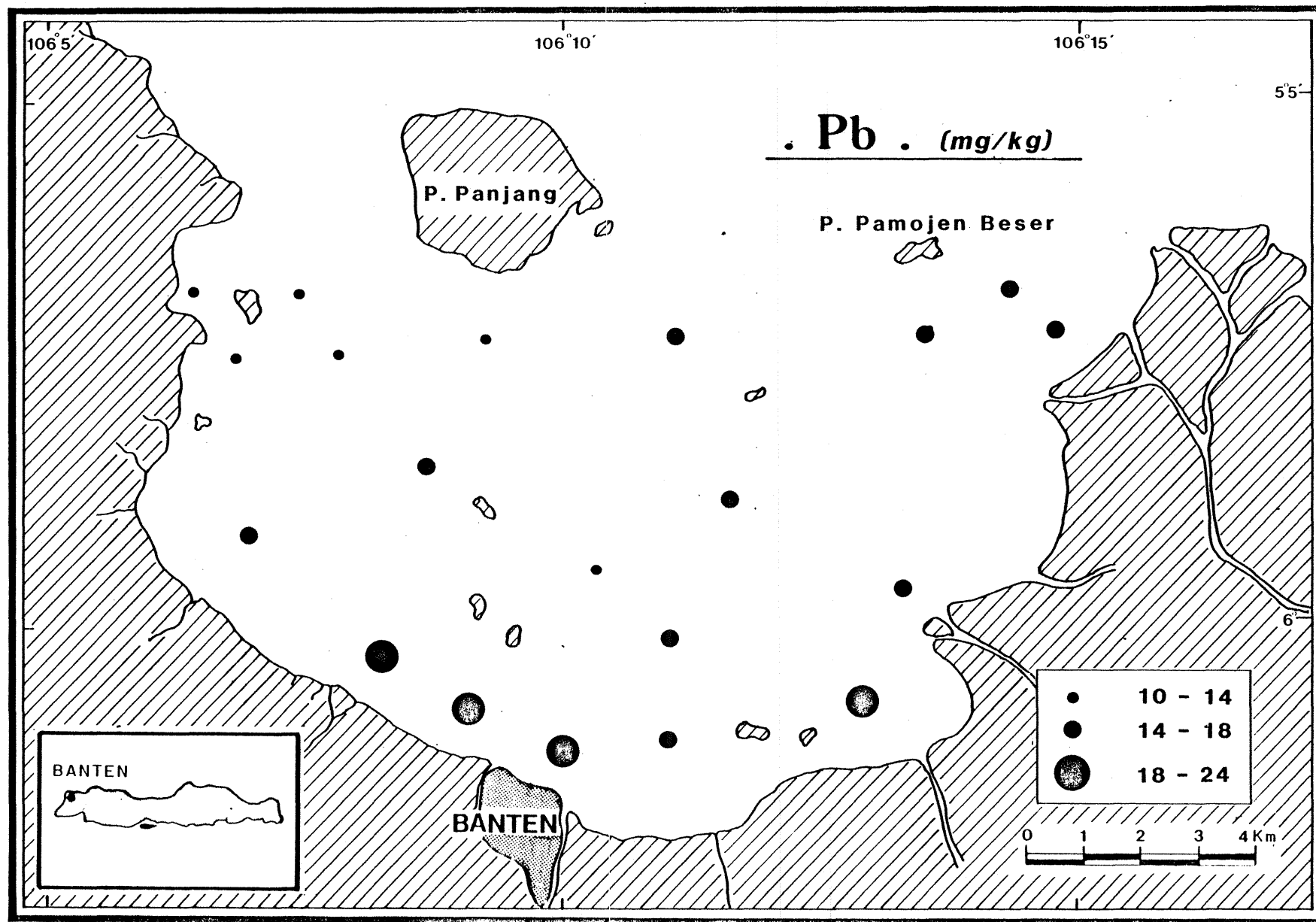


Figure 19 : Concentration du plomb dans les sédiments de la baie de Banten (fraction < 63  $\mu\text{m}$ ).

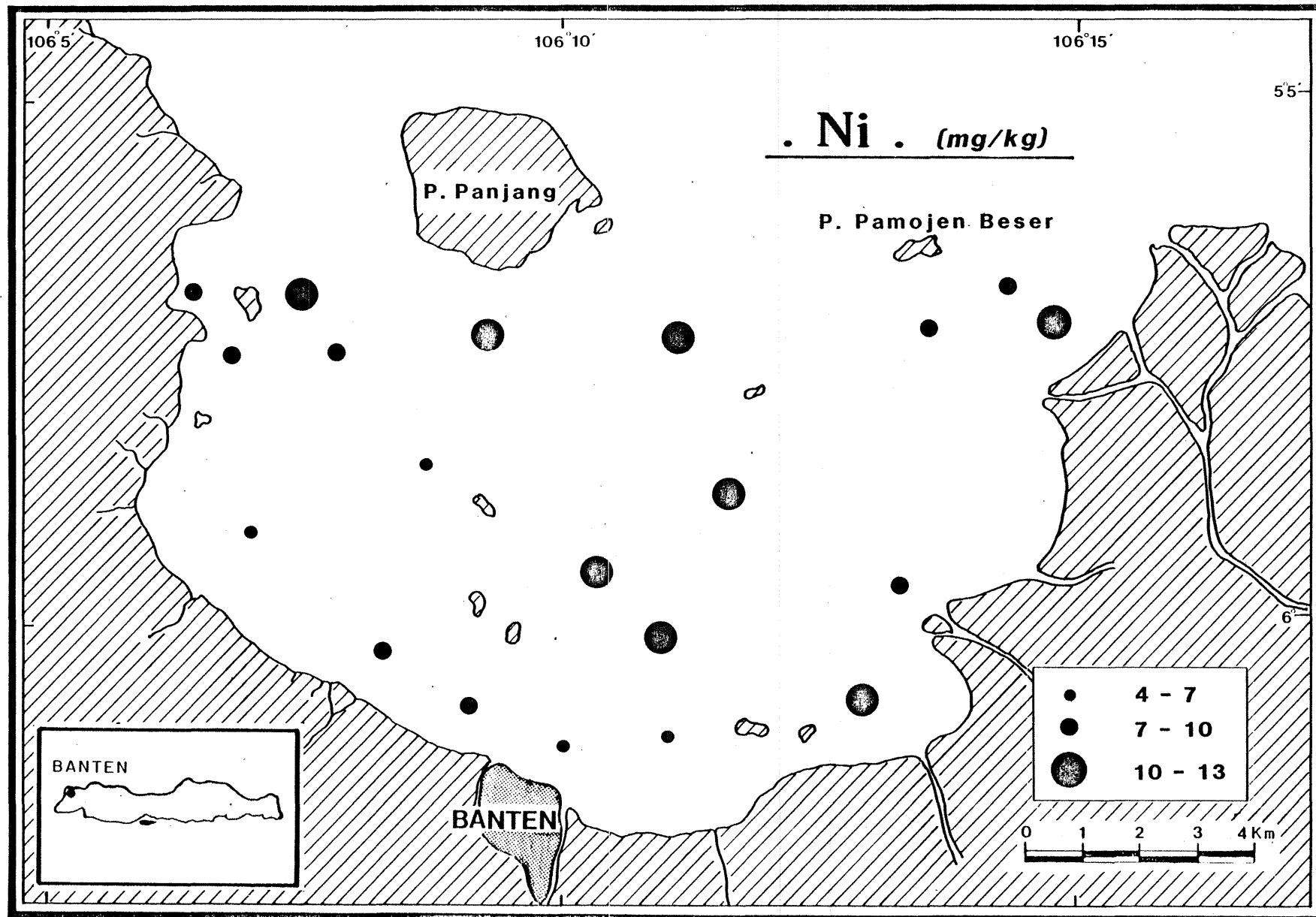


Figure 20 : Concentration du nickel dans les sédiments de la baie de Banten (fraction < 63 µm).

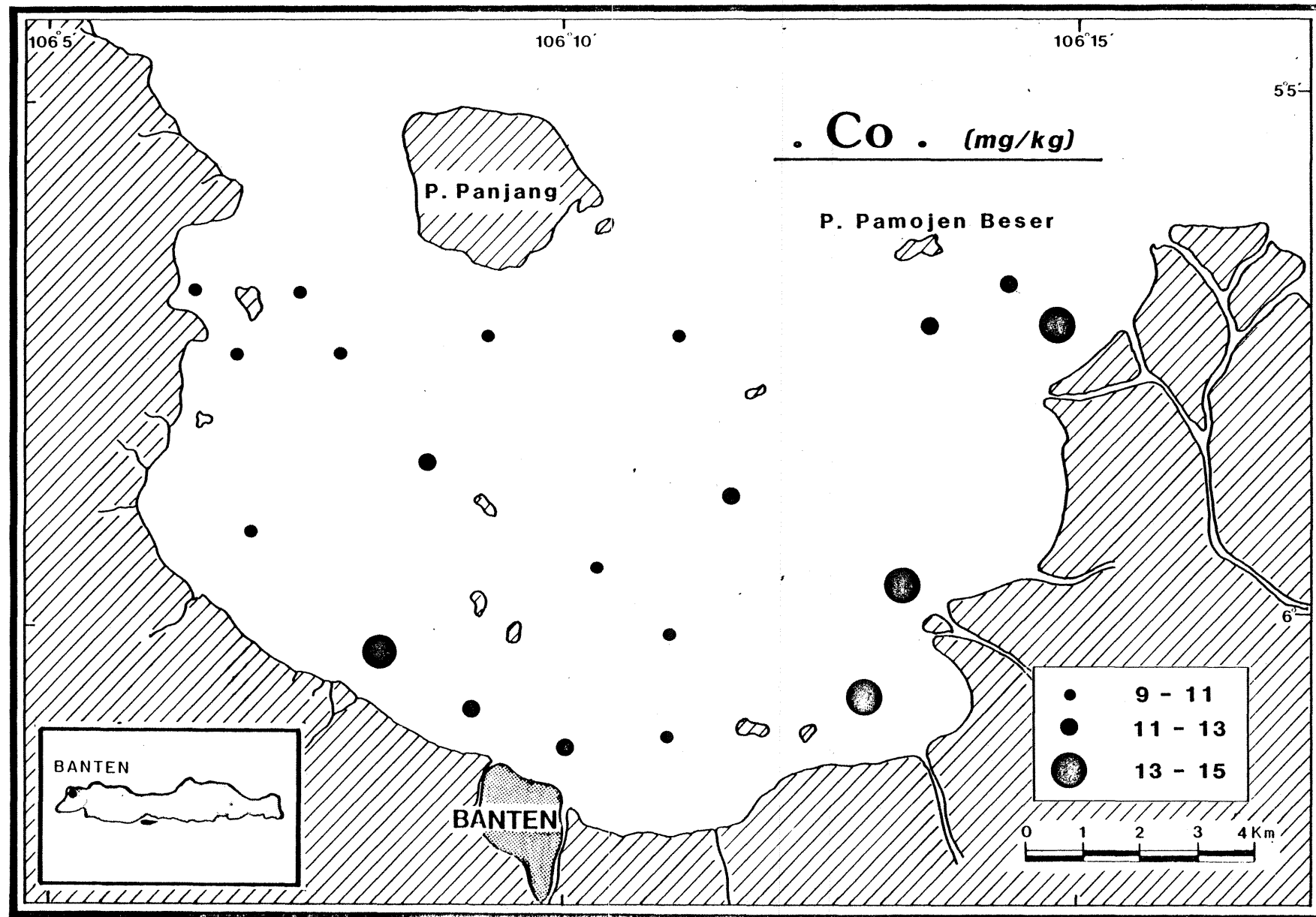


Figure 21 : Concentration du cobalt dans les sédiments de la baie de Banten (fraction < 63  $\mu$ m).

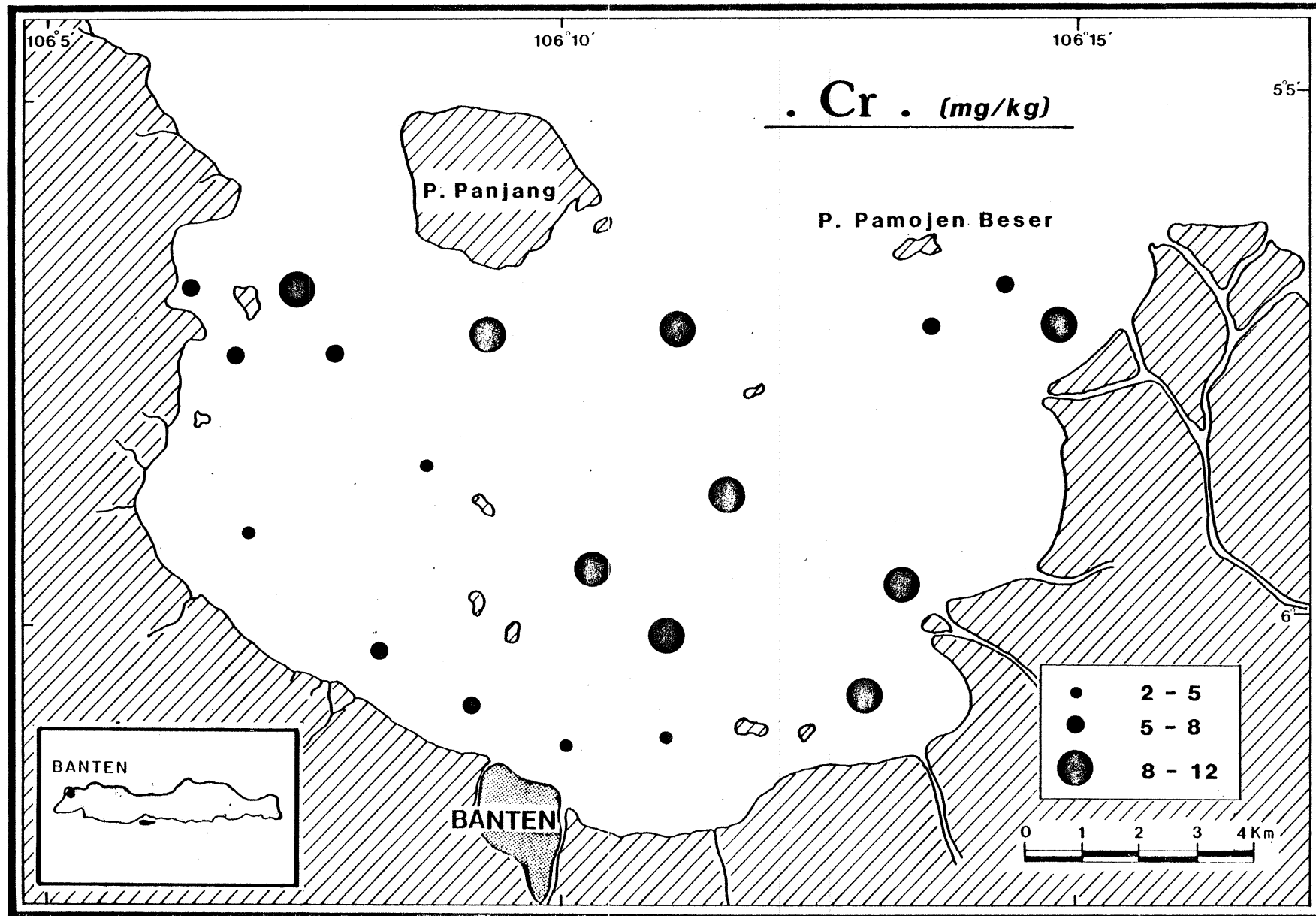


Figure 22 : Concentration du chrome dans les sédiments de la baie de Banten (fraction <math>< 63 \mu\text{m}</math>).

Par ailleurs, l'observation des différentes figures ne laisse pas apparaître, comme c'est le cas pour Jakarta, de zones côtières pouvant témoigner d'une surcharge en éléments métalliques. En effet, pour chacun des métaux considérés, les concentrations relativement plus élevées sur certaines stations semblent distribuées géographiquement de façon aléatoire, et non pas, comme c'est le cas pour Jakarta, pour le mercure, le plomb, le cuivre et le zinc, en relation avec la proximité du port ou des zones urbanisées.

c. Baie de Cilacap

Les concentrations des éléments métalliques dans les sédiments de la baie de Cilacap sont reportées sur le tableau XVI et sur les figures 23 à 31.

L'observation des résultats montre que les concentrations des métaux dans le sédiment sont relativement basses, en valeur absolue, comparées aux valeurs recueillies dans la littérature scientifique et par rapport aux normes généralement admises en matière d'environnement (tableaux XI et XIII).

Par ailleurs, comme à Banten, et contrairement à ce qui a été observé pour certains métaux à Jakarta, il ne semble pas exister à Cilacap de zone pouvant être l'objet d'une surcharge en éléments métalliques due aux activités portuaire et urbaine.

Tableau XVI

Concentrations des métaux dans le sédiment de la baie de Cilacap (fraction < 63 µm)  
Les valeurs sont exprimées en mg/kg, excepté le fer exprimé en %.

Station	Hg	Cu	Mn	Zn	Fe	Pb	Cd	Ni	Co	Cr
1	-	25,7	1153	87,2	5,4	7,6	< 0,5	20,3	17,5	17,5
2	-	25,1	2661	99,6	5,3	20,0	"	27,0	21,3	27,1
3	0,179	27,8	1861	81,7	5,0	8,4	"	24,0	17,1	18,1
4	0,244	46,2	836	97,0	4,4	14,1	"	21,2	14,4	16,7
5	0,653	21,6	1903	81,2	4,8	9,4	"	22,1	17,3	10,4
6	0,261	49,0	668	75,7	4,8	9,7	"	22,9	16,5	12,8
7	0,178	50,9	1109	85,6	5,4	9,6	"	22,5	17,3	15,3
8	0,186	37,5	878	75,6	5,3	9,6	"	25,3	18,6	15,2
9	0,203	58,1	850	78,5	5,0	10,5	"	20,8	15,0	12,6
10	0,143	58,4	1046	80,6	4,9	11,4	"	21,1	16,1	13,6
11	0,128	45,0	981	98,2	6,5	8,9	"	23,3	19,2	20,5
12	0,285	72,5	758	72,4	4,6	7,3	"	19,2	16,9	11,1
13	0,170	50,6	662	80,6	5,1	10,6	"	23,3	16,7	14,1
14	0,123	49,2	952	76,6	4,7	8,9	"	22,5	15,5	14,2
15	0,120	49,7	1134	81,2	5,4	11,3	"	21,6	16,5	13,0
16	0,131	32,8	1001	74,0	4,9	8,3	"	26,3	18,6	16,0
17	0,075	31,0	845	72,9	4,6	6,1	"	31,7	17,4	16,8
18	0,197	41,6	664	81,8	4,7	14,8	"	27,5	16,9	18,8
19	0,063	43,1	536	84,2	4,6	11,6	"	25,1	15,2	19,2

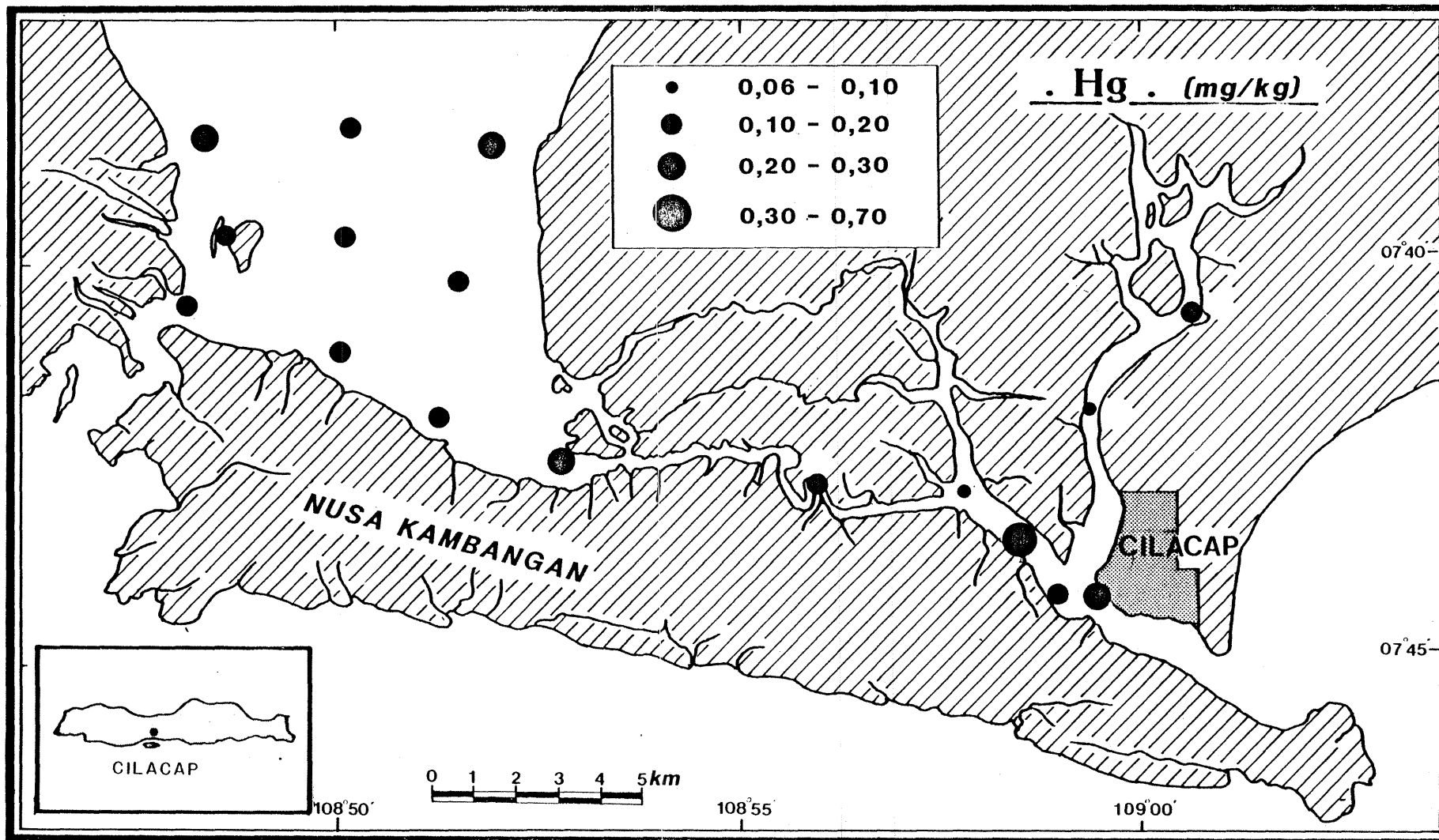


Figure 23 : Concentration du mercure dans les sédiments de la baie de Cilacap (fraction <math>< 63 \mu\text{m}</math>).



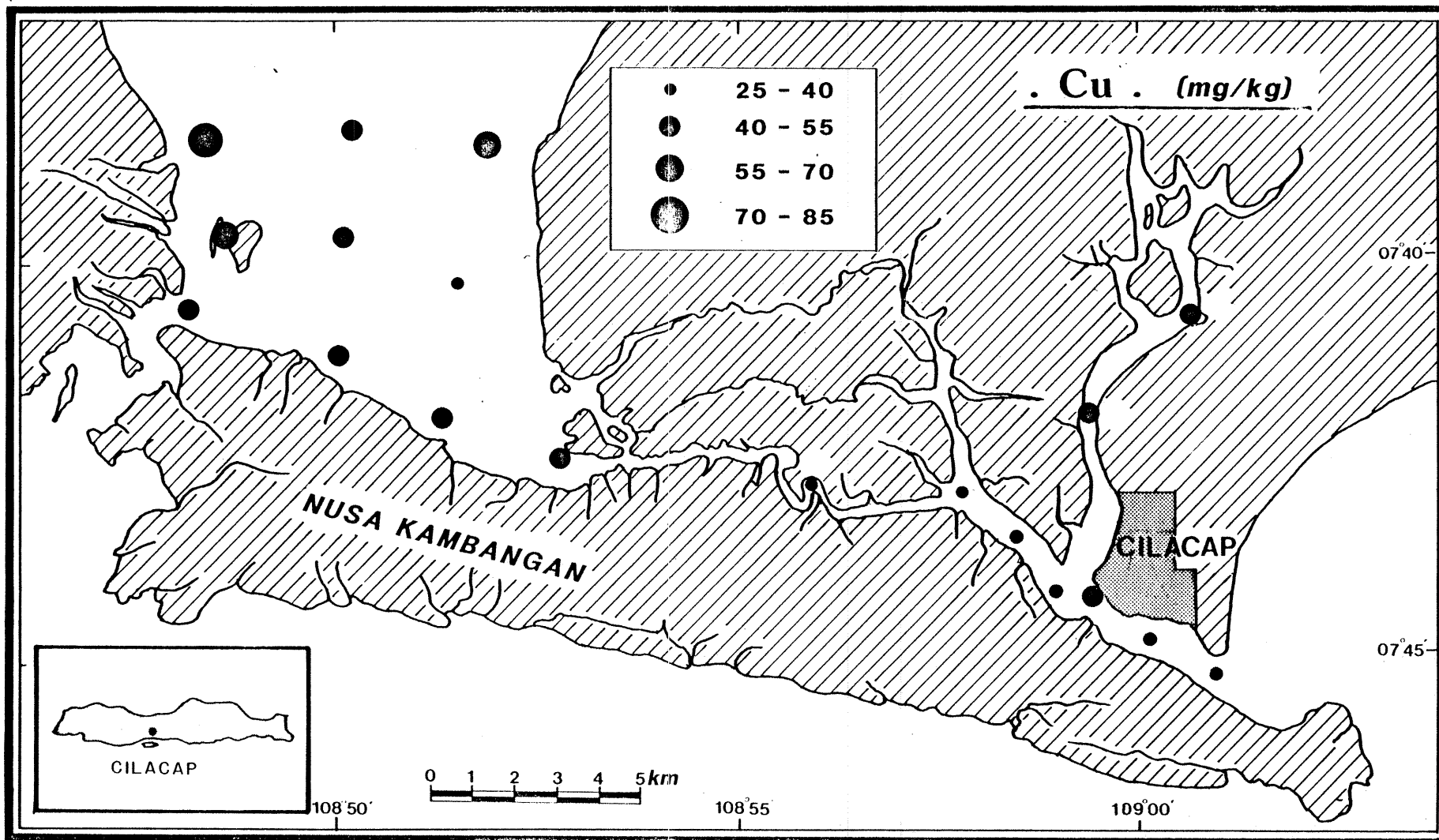


Figure 24 : Concentration du cuivre dans les sédiments de la baie de Cilacap (fraction < 63  $\mu\text{m}$ ).

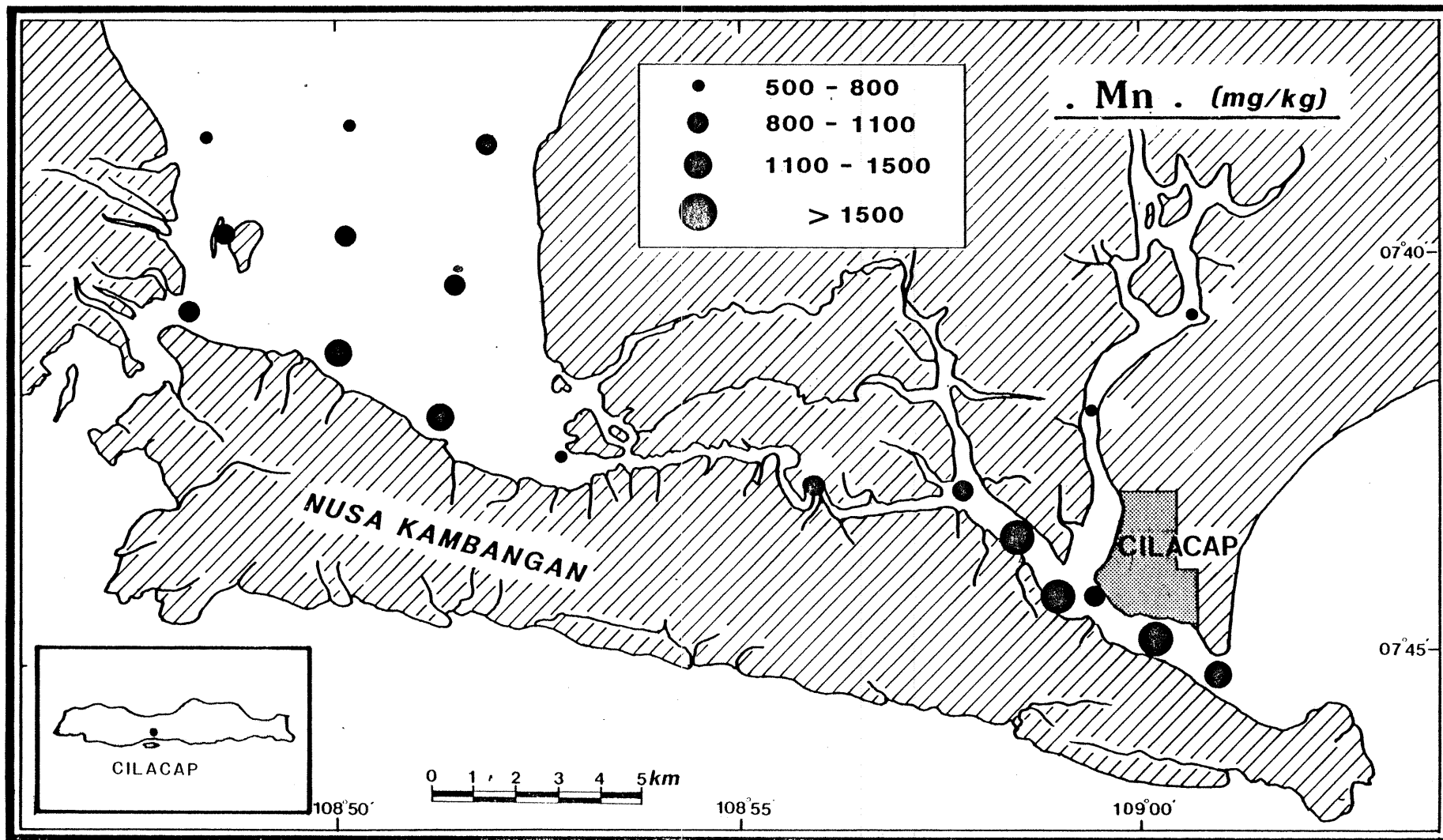


Figure 25 : Concentration du manganèse dans les sédiments de la baie de Cilacap (fraction < 63  $\mu\text{m}$ ).

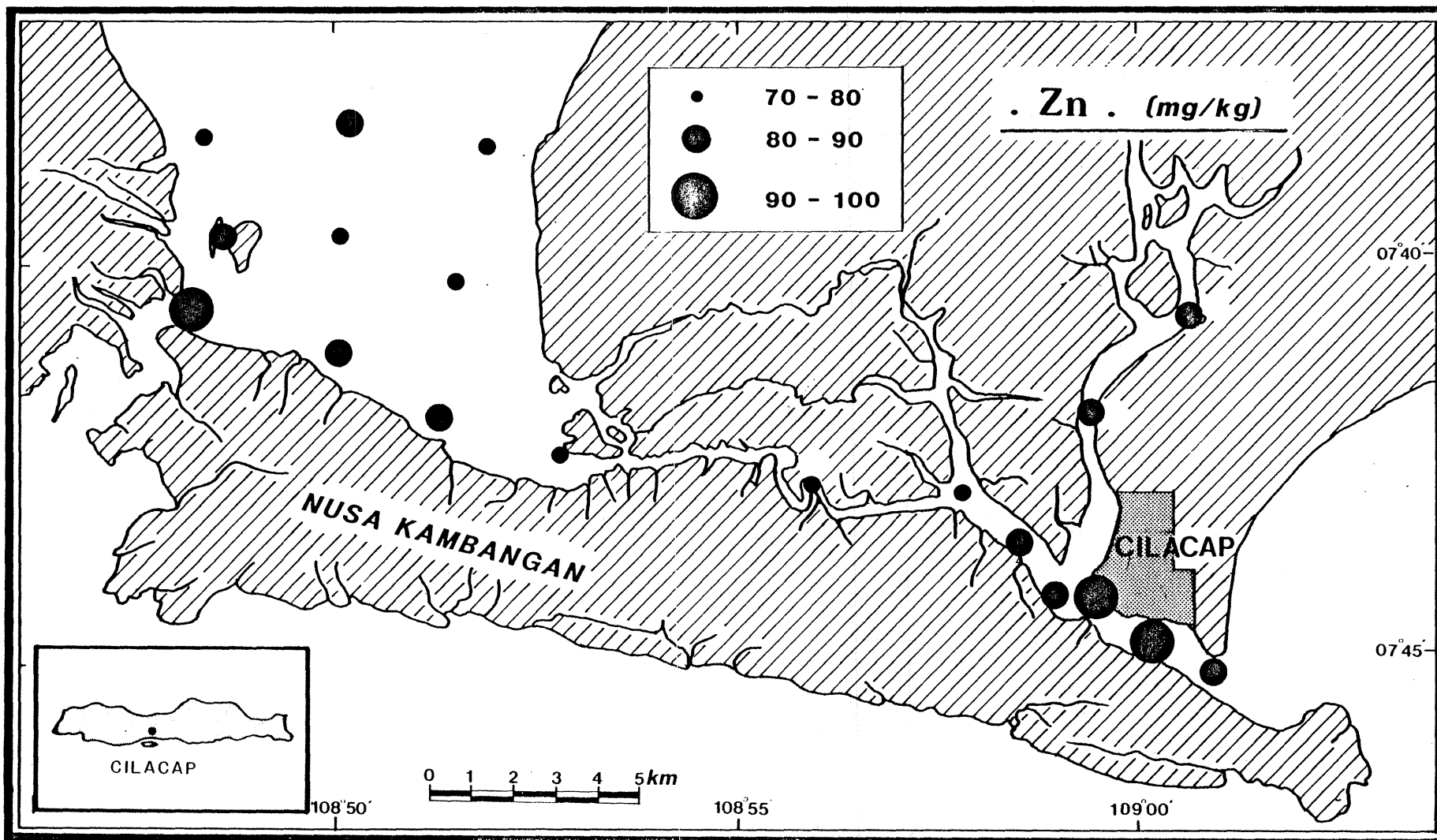


Figure 26 : Concentration du zinc dans les sédiments de la baie de Cilacap (fraction <math>< 63 \mu\text{m}</math>).

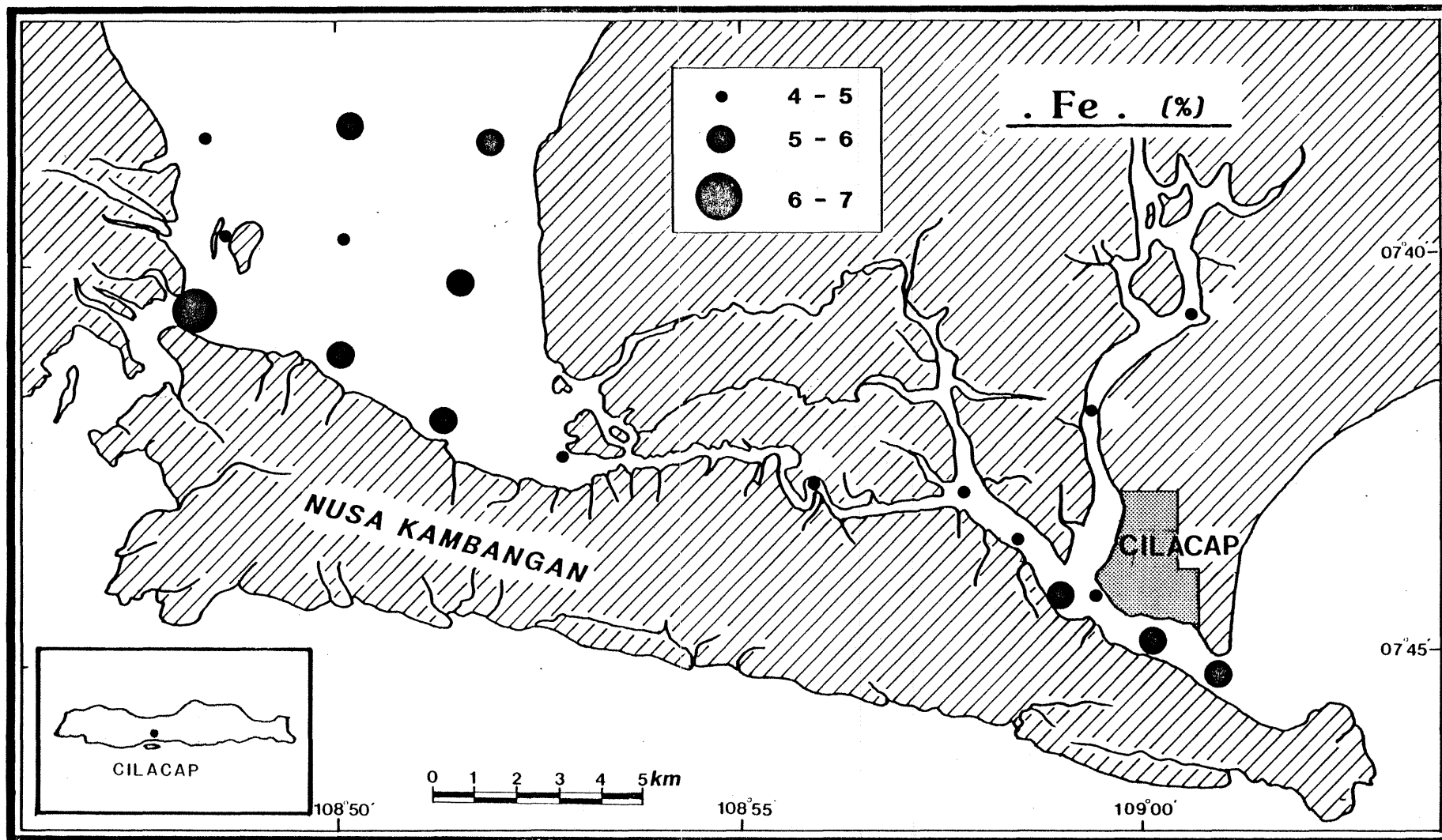


Figure 27 : Concentration du fer dans les sédiments de la baie de Cilacap (fraction < 63  $\mu\text{m}$ ).

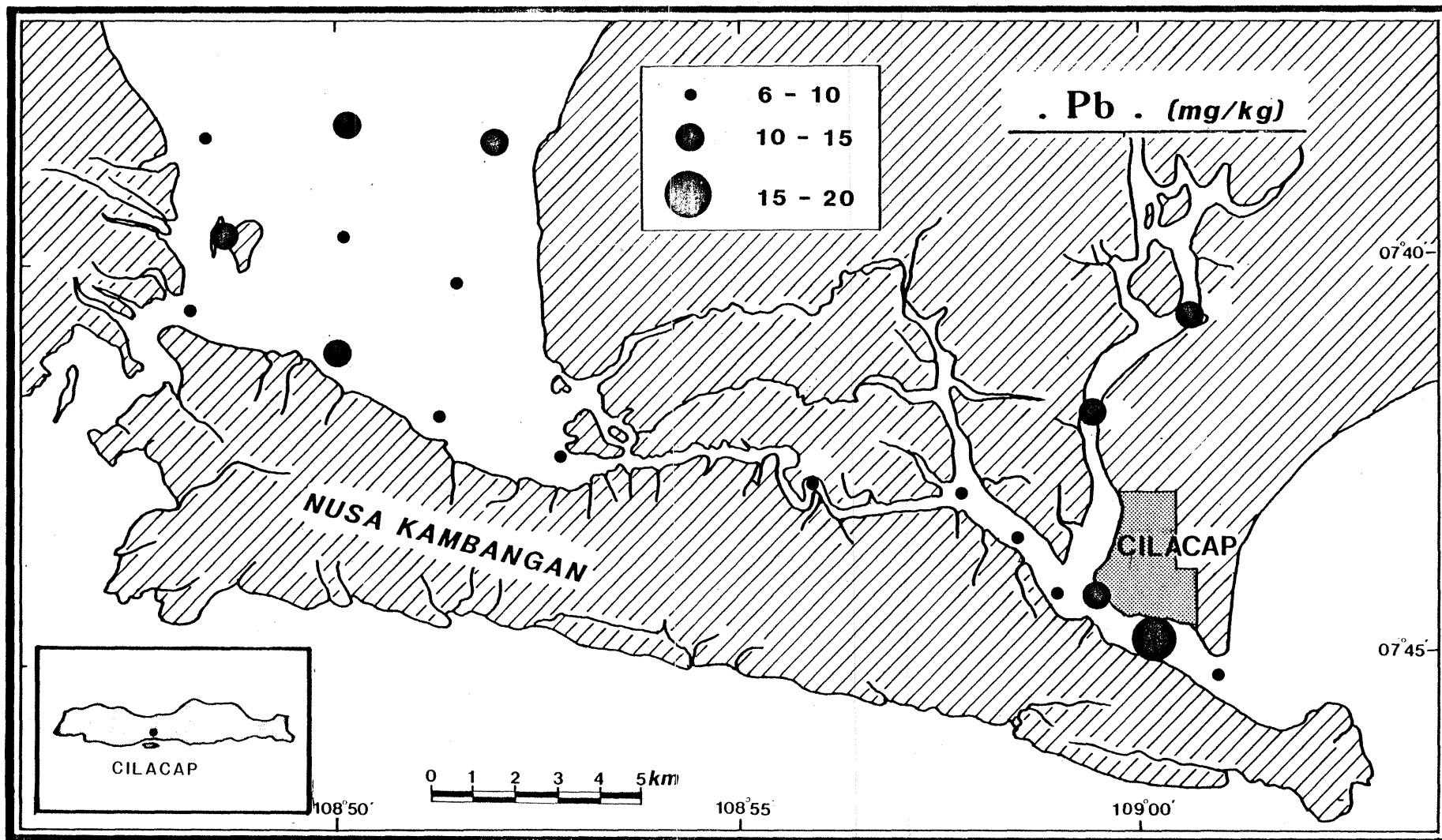


Figure 28 : Concentration du plomb dans les sédiments de la baie de Cilacap (fraction < 63  $\mu\text{m}$ ).

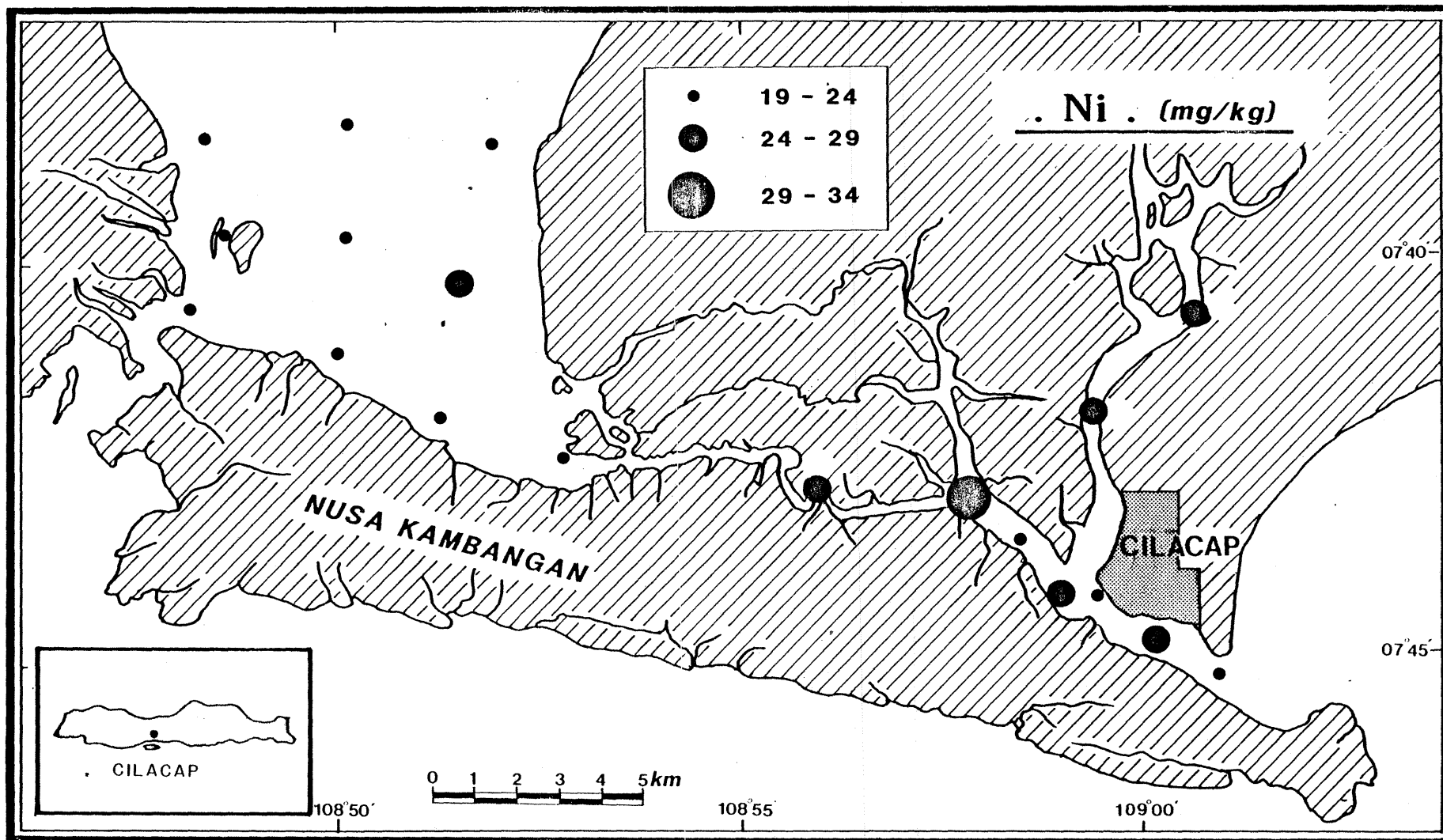


Figure 29 : Concentration du nickel dans les sédiments de la baie de Cilacap (fraction < 63  $\mu\text{m}$ ).

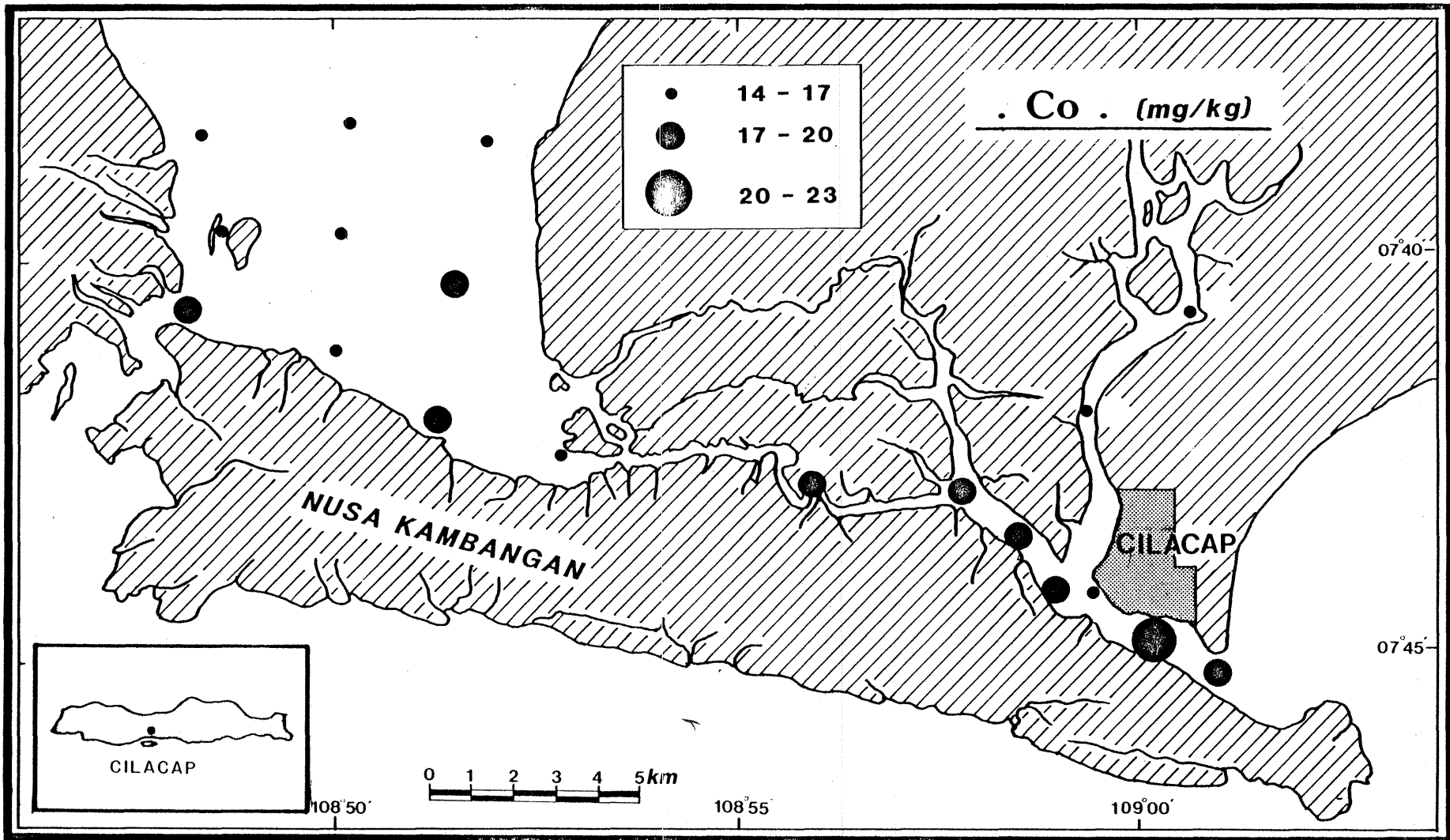


Figure 30 : Concentration du cobalt dans les sédiments de la baie de Cilacap (fraction < 63  $\mu\text{m}$ ).

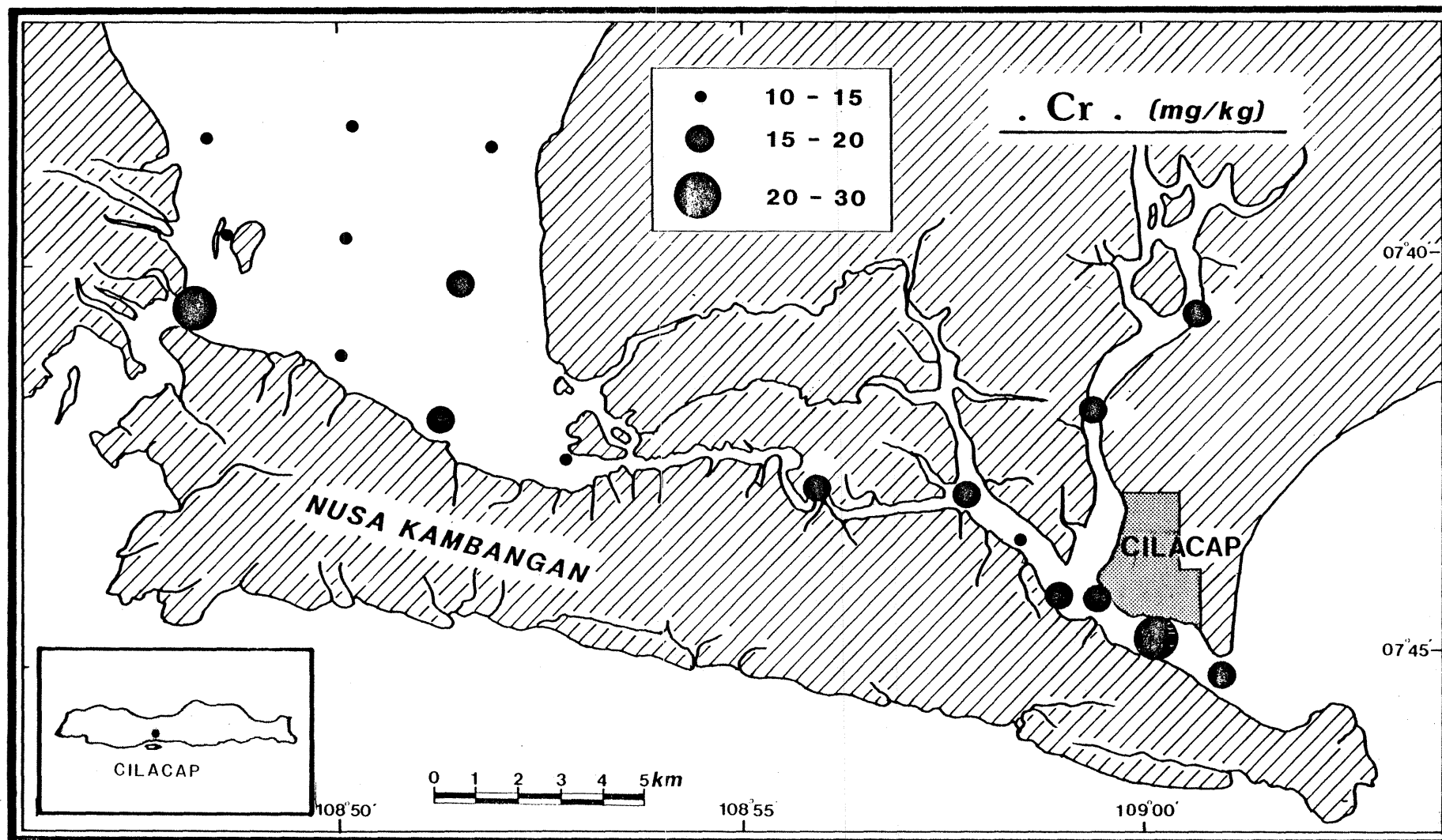


Figure 31 : Concentration du chrome dans les sédiments de la baie de Cilacap (fraction <math>< 63 \mu\text{m}</math>).



#### IV. CONCLUSIONS

L'analyse des pesticides, polychlorobiphényles (PCB) et hydrocarbures a été effectuée dans les sédiments et l'eau des baies de Jakarta, Banten et Cilacap. Les métaux, Hg, Cu, Mn, Zn, Fe, Pb, Cd, Ni, Co et Cr, ont été analysés dans les sédiments de ces trois baies.

##### Polluants organiques

Les résultats obtenus pour les pesticides, les PCB et les hydrocarbures montrent qu'il n'y a pas de pollution significative par ces composés pour les trois zones considérées.

Pour la baie de Banten, la plupart des concentrations sont inférieures aux limites de détection des techniques d'analyses utilisées, à savoir 2 µg/kg pour le sédiment et 2 ng/l pour l'eau. La baie de Banten peut être considérée comme une zone de référence en matière de pollution organique.

Les concentrations de DDT et d'hydrocarbures dans les baies de Jakarta et de Cilacap témoignent d'une contamination chronique très faible de ces baies par les deux composés.

Les PCB qui traduisent des apports industriels et urbains ne sont identifiés que dans les sédiments de la baie de Jakarta, dans deux secteurs extrêmement localisés, près du port et de l'agglomération urbaine. Les PCB n'ont pas été détectés dans les baies de Banten et de Cilacap.

La présence d'hydrocarbures de nature anthropogénique à faible concentration dans l'eau et les sédiments semble liée à la navigation dans les baies de Jakarta et de Cilacap. L'impact des activités portuaires et des raffineries et des rejets urbains a été identifié, mais géographiquement et quantitativement très restreint.

La présence des composés du DDT a été observée dans les sédiments des baies de Jakarta et de Cilacap, en concentration faible. De plus, le faible pourcentage de DDT par rapport à ses métabolites de dégradation (DDD et DDE) montre que le DDT observé n'est pas dû à des apports récents significatifs.

### Eléments métalliques

Deux types de baies peuvent être considérés : d'une part les baies de Banten et de Cilacap, et d'autre part la baie de Jakarta.

Pour les baies de Banten et de Cilacap, toutes les valeurs observées peuvent être considérées comme normales, ou même basses, comparées aux valeurs obtenues dans la littérature scientifique, ou par rapport aux normes généralement admises.

De plus, pour Banten et Cilacap, aucun impact des activités portuaires ou des zones urbaines n'a été mis en évidence.

D'une façon générale, les concentrations en éléments métalliques de la baie de Banten sont très faibles. Cette baie peut être considérée comme une zone de référence.

Pour la baie de Jakarta, excepté pour le mercure, les concentrations des éléments métalliques peuvent être considérées comme normales et ne témoignent pas d'une contamination du milieu. Cependant, l'impact des activités urbaines et portuaires est la cause d'une surcharge géographiquement et quantitativement limitée, non considérée comme une pollution, en plomb, cuivre et zinc, à proximité du port et de l'agglomération de Jakarta.

Pour le mercure, la plupart des concentrations observées dans la baie de Jakarta peuvent être considérées comme normales. Cependant, à proximité du port et de l'agglomération de Jakarta, certaines concentrations observées peuvent être considérées comme élevées et témoignent d'une surcharge importante, sinon d'une pollution, de cette zone par le mercure.

*L'analyse des composés et éléments organiques et minéraux (hydrocarbures, pesticides, PCB, Cu, Mn, Zn, Fe, Pb, Cd, Ni, Co, Cr) dans les baies de Jakarta, Banten et Cilacap ne met pas en évidence de problème de pollution de ces zones par ces produits.*

*Pour le mercure, des concentrations élevées près du port et de l'agglomération de Jakarta ont été mises en évidence.*

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ANONYME (1980). Hydrobios. Microbiologie des eaux. Micropolluants des sédiments. Institut Pasteur de Lille. 11 p.
- CAPRAIS J.CI. et M. MARCHAND (1981). Identification des organochlorés à haut poids moléculaire par chromatographie en phase gazeuse sur colonnes capillaires. Analisis 9 (4) : 140-44.
- DUURSMA E.K. (1976). Role of pollution and pesticides in brackish water aquaculture in Indonésie. Doc. FAO, Rome, FI : INS/72/003/4, 42 pp.
- GORDON D.C., KEIZER P.D. et DALE J. (1974). Estimates using fluorescence spectroscopy of the present state of petroleum hydrocarbon contamination in the water column of the northwest Atlantic ocean. Mar. chem. 2 : 251-61.
- KEIZER P.D., GORDON D.C. et DALE J. (1977). Hydrocarbons in eastern canadian marine waters determined by fluorescence spectroscopy and gas liquid chromatography. J. Fish. Res. Bd. Can. 34 : 347-53.
- LEVY E.M. (1977). Fluorescence spectrophotometry : principles and practice as related to the determination of dissolved dispersed petroleum residues in sea water. Bedford Institute of Oceanography. Report Series (BI-R-77), July 1977 : 17 pp.
- MARCHAND M. (1980). The Amoco Cadiz oil spill. Distribution and evolution of hydrocarbon concentrations in sea water and sediments. Environment International 4 : 421-29.
- MARCHAND M. (1982). Signification de la mesure des hydrocarbures halogénés dans les sédiments marins. Bull. RNO n° 18 : 113-123.
- MARCHAND M. (1983). Dosage des pesticides et des polychlorobiphényles dans l'eau, les sédiments et les organismes marins par chromatographie gazeuse. In : "Manuel des Analyses Chimiques en Milieu Marin". Publ. CNEXO (sous presse).
- MARCHAND M. et CAPRAIS M.P. (1981). Suivi de la pollution de l'Amoco Cadiz dans l'eau de mer et les sédiments marins. In "AMOCO CADIZ : Conséquences d'une pollution accidentelle par hydrocarbures". Colloque 19-22 nov. 1979. Brest (France). Publ. CNEXO : 23-54.
- MARCHAND M. et ROUCACHE J. (1981). Critères de pollution par hydrocarbures dans les sédiments marins. Etude appliquée à la pollution du "Bohlen". Oceanol. Acta 4 (2) : 171-83.
- MARCHAND M., MONFORT J.P. et CORTES-RUBIO A. (1981). Distribution of hydrocarbons in water and marine sediments after the Amoco Cadiz and Ixtoc-1 oil spills. In : "Energy and Environmental Chemistry". Vol. 1 ed. by L.H. KEITH, Ann Arbor Science : 161-83.
- NELSON L.A. (1979). Minor elements in the sediments of the Thames estuary. Estuar. Coast. Mar. Sci. 9 : 623-629.
- PERKINS E.J., GILCHRIST J.R., ABBOTT O.J. et HALCROW W. (1973). Trace metals in solway firth sediments. Mar. Poll. Bull. 4 : 59-61.
- RNO (1981). Synthèse des travaux de surveillance 1975-1979 du Réseau National d'Observation de la qualité du milieu marin. Centre Océanologique de Bretagne. CNEXO ed. 358 p.

TAYLOR D. (1974). Natural distribution of trace metals in sediments from coastal environment, Ter Bay, England. *Estuar. Coast. Mar. Sci.* 2 : 417-424.

UNESCO (1977). "Manuel sur la surveillance continue du pétrole et des hydrocarbures en mer et sur les plages". Supplément aux manuels et guide n° 7. IOC-WMO-UNEP/MED-MRM 13, Supp. 2 : 21 pp.