

50376
1979
19

N° d'ordre : 756

50376
1979
19

THESE

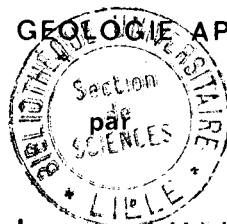
présentée à

L'UNIVERSITE DES SCIENCES ET TECHNIQUES
DE LILLE

pour obtenir le titre de

DOCTEUR DE TROISIEME CYCLE

MENTION GEOLOGIE APPLIQUEE



Charlotte VINCHON

CONTRIBUTION A L'ETUDE DES SEDIMENTS
ACTUELS DU BASSIN D'ALIMENTATION ET
DE LA BAIE DE WESTERN PORT
(ETAT DE VICTORIA, AUSTRALIE)

Soutenu le 15 juin 1979 devant la Commission d'Examen

MM	Ch. DELATTRE	Président
	M. WATERLOT	Rapporteur
	J. PROUVOST	Examineur
	H. CHAMLEY	Examineur
	J. CAIA	Invité
	J.R. POYNTER	Invité
	M.A.H. MARSDEN	Invité

Travail effectué à l'Université de MELBOURNE (Australie)
et à l'Université de LILLE (France)

A V A N T P R O P O S

Avant d'exposer les résultats de mon travail, c'est pour moi un agréable devoir que de remercier tous ceux et celles qui y ont contribué.

En premier lieu, je tiens à remercier M. le Professeur M. WATERLOT; c'est grâce à lui que j'ai pu effectuer les séjours en Australie, qui m'ont permis de vivre l'expérience passionnante qu'est la vie dans un pays étranger, et de rassembler les éléments de cette étude.

J'exprime ma gratitude à M. le Professeur C. DELATTRE qui a accepté de présider ce jury et pour sa chaleureuse bienveillance pendant mon séjour au laboratoire.

Je remercie M. le Professeur J. PROUVOST d'avoir accepté d'examiner mon travail.

M. le Professeur H. CHAMLEY, par son aide et ses conseils, a largement contribué à la réalisation de ce mémoire et a accepté d'en juger le résultat final. Pour cela, je le remercie.

M. J. CAIA, Ingénieur géologue au B.R.G.M., a accepté de participer à ce jury. Je le remercie de l'intérêt qu'il veut bien porter à mon travail.

Je sais gré à M. M.A.H. MARSDEN, Senior lecturer à l'Université de Melbourne de m'avoir accueillie au sein de son équipe, au laboratoire de géologie marine du département de Géologie. Je lui suis reconnaissante de bien vouloir juger mon travail.

C'est aussi grâce à M. le Professeur J.R. POYNTER, Vice-Chancellor de l'Université de Melbourne que j'ai pu effectuer deux séjours en Australie. A lui, ainsi qu'aux Ambassades de France à Melbourne, d'Australie à Paris et à M. F. MADDEN, du Département of education de Victoria, je tiens à exprimer ma reconnaissance.

Merci à Henri MAILLOT pour ses nombreux conseils et encouragements. Nos nombreuses discussions m'ont permis de mener à bien ce travail.

J'ai toujours trouvé au laboratoire de Minéralogie de la Faculté Polytechnique de Mons (Belgique) un accueil amical et chaleureux. L'aide de M. le Professeur J.M. CHARLET m'a été précieuse au cours de l'étude de la thermoluminescence. Je le remercie vivement.

Je sais gré à M. le Professeur J.P. LAVEINE de m'avoir accueillie dans son laboratoire. Merci à Claudine BROUSMICHE et Robert COQUEL de m'avoir initiée aux techniques du microscope électronique.

Mehmet ARSLAN, Christian BECK, Dennis BOURKE et Jean-Marie DEGARDIN ont été mes compagnons de tous les jours; leur présence et leur amitié m'ont aidé au long de ce travail. Je les en remercie.

Je ne saurais oublier toutes les personnes qui ont participé à la réalisation technique de ce mémoire : Mme BREBION, Mme MASSINON, M. CARPENTIER, M. PLUQUIN.

Enfin, je veux aussi remercier, ici, mes parents pour la confiance et l'affection qu'ils m'ont témoignée tout au long de mes années d'études.

I want to take this opportunity to thank every one who contributed in making of my stay in Australia a very happy time.

- Professor J.F. LOVERING, from the department of Geology of Melbourne University who welcomed me,
- J.T. HUTTON and K. NORRISH, J. PICKERING, from the Laboratory of Mineralogy, CSIRO (Division of Soil), Adelaide, where I spent some fruitful weeks,
- Mauna HAUKKA, from the Department of Geology, Melbourne University, who taught me the practice of X ray fluorescence,
- Robert KRUMMEL, who helped me in the field, and with many practical problems.

It is impossible for me to list here all my friends, from the Geology Department and outside; However I wish to thank by name Marilyn MORLEY and Anne REECKMAN.

RESUME

Après une présentation rapide de la géologie de l'Australie et de la région de Victoria, l'aspect pétrographique et géochimique de l'étude des sédiments de rivières et d'une partie de la baie de Western Port (Victoria, Australie) est envisagée.

La minéralogie de la fraction argileuse des sédiments (par diffraction aux rayons X) et quelques aspects de la pétrographie de la fraction grossière (exoscopie et thermoluminescence des quartz) sont étudiés. Ils permettent de définir l'existence de différents facteurs intervenant sur la composition et le devenir du matériel sédimentaire, à savoir :

- l'environnement géologique,
- l'effet de la pédogenèse, favorisée par un climat tempéré-chaud et humide,
- le dynamisme du milieu transporteur.

Ces mêmes facteurs sont définis à la suite de l'étude géochimique par fluorescence aux rayons X. Celle-ci permet en outre de préciser l'importance relative des différentes phases géochimiques, dans les fractions fines, intermédiaires et grossières et le comportement de ces phases en fonction des facteurs précédemment cités.

Ce travail vient s'ajouter à une plus vaste étude entreprise par l'Université de Melbourne (Victoria, Australie) en apportant des données sur l'alluvionnement dans le bassin d'alimentation et en précisant la nature des apports sédimentaires par les rivières à la baie.

ABSTRACT

A petrographical and geochemical study of the sediments, in some rivers of the Western Port area (Victoria, Australia) and parts of the bay is carried out.

Mineralogy of the clay fraction (by X-Ray diffraction) and some petrographic aspects of the coarser fraction (study of the quartz surface texture, and thermoluminescence) allow the determination of the following parameters which influence the composition and sedimentological history of the material :

- the geological surroundings (Devonian granitic areas contributing illite, and kaolinite, Cretaceous sediments, and Cenozoic basalts contributing smectite; variable thermoluminescence properties of the quartz indicating diverse source areas).
- The action of pedogenesis, mainly related to a warm-temperate, humid climate and the morphology of the catchment area, resulting in abundant kaolinite and smectite; the pedogenetic evolution is noticeable on the surface of the quartz grains, which develops a siliceous film).
- The hydrodynamism, allowing a mineralogical selection (in the bay, smectite is carried away, while kaolinite and interstratified minerals are deposited).

The geochemical analysis of major elements (SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , MgO , CaO , K_2O) and some minor elements (TiO_2 , MnO , Ba), by X-Ray fluorescence, leads to the same conclusion, i.e. the existence of geological, pedological, and hydrodynamical parameters on the composition of sediments.

The behaviour of the different geochemical phases, in the fine, medium and coarse fraction is specified :

- The argillaceous phase (or hydrolyzate), mostly concentrated in the fine fraction, is influenced by the different factors.
- The residual phase (or resistate), more important in the coarse fraction, undergoes mineralogical and dimensional selection, so that heavier and bigger material deposits rapidly at the foothills and where the rivers enter the bay. When the pedogenesis is important, this phase is mainly composed of silica and titanium oxide.
- Variations of the pedogenetic conditions in the catchment area are emphasized by variations in the oxidate phase.
- The existence of a carbonated phase in the river sediments is thought to be negligible according to the low amount of CaO and MgO ; however this phase is more important in some sediments of the bay, being related to shells deposits.

This work adds some data to the wider study on the Western Port environment: it specifies the behaviour of the sediment input by the rivers, in relation to the hydrodynamism in the bay. Increase in drainage intensity, subsequent to the building of an artificial drainage system, the clearing of forest areas, and the settling of a semi-urban zone in the north of the catchment results in an increase in the intensity of the pedogenesis and weathering of parent material in Bunyip river and Cardinia creek catchment areas, supplying sediments, which are deposited at the top of the Embayment Head, due to the lack of current.

TABLE DES MATIERES

Pages

AVANT - PROPOS

RESUME

ABSTRACT

TABLE DES MATIERES	I
LISTE DES FIGURES	VII
LISTE DES TABLEAUX	X

INTRODUCTION

I - CADRE GEOGRAPHIQUE ET HISTORIQUE DE WESTERN PORT	3
II - BUT DE CE TRAVAIL	3

CHAPITRE I.- GEOLOGIE DE L'AUSTRALIE

I - STRUCTURE	7
1. Schéma structural de l'Australie	7
2. Evolution de l'Australie en tant que part du continent gondwanien	7
3. Schéma structural de l'état de Victoria	9
A. Victoria, NSW, Tasmanie	9
B. L'état de Victoria au sens strict.....	11
a) Le bassin de Murray	11
b) Le haut-pays de Victoria	11
c) La plaine côtière et le haut-pays du Sud	12

II - STRATIGRAPHIE

1. Précambrien	12
2. Cambrien	12
3. Ordovicien	13
4. Silurien et Dévonien inférieur et moyen	13
A. Sillon de Melbourne	13
B. Victoria orientale	13
C. Victoria occidentale	14
5. Dévonien supérieur et Carbonifère inférieur et moyen	14
6. Carbonifère supérieur, Permien inférieur	14
7. Mésozoïque	15
A. Trias	15
B. Jurassique	15
C. Crétacé	15
8. Cénozoïque	16
9. Quaternaire	16

	Pages
CHAPITRE II .- PRESENTATION DE LA REGION ETUDIEE-MATERIEL D'ETUDE	21
I - CADRE MORPHOLOGIQUE ET GEOLOGIQUE DE LA REGION ETUDIEE ..	21
1. Bassin d'alimentation	21
A. Morphologie	21
a) Eastern Highlands	23
b) Mornington peninsula	23
c) South Gippsland Highland	23
d) Western Port Sunkland	23
B. Description des formations contribuant à l'alimentation des rivières	25
a) Silurien et Dévonien inférieur sédimentaires	26
b) Dévonien éruptif	26
c) Crétacé	27
d) Formations volcaniques du Cénozoïque inférieur ...	27
e) Formations cénozoïques sédimentaires	28
f) Quaternaire	28
g) Recouvrement pédologique du bassin d'alimentation	28
2. Morphologie de la baie et distribution des sédiments ...	30
A. Agents morphologiques	30
B. Zones côtières	32
C. Zone sableuse marginale	32
D. Zones immergées partiellement ou totalement	32
a) Platiers	32
b) Chenaux	32
3. Climat	35
II - MATERIEL D'ETUDE	36
1. Echantillonnage	36
A. Echantillonnage dans les rivières	36
a) Choix des stations d'échantillonnage	36
b) Distribution des échantillons dans les rivières ...	37
b1) Zone A	37
b11) Bass River	37
b12) Lang lang river	39
b13) Yallock creek	39
b2) Zone B	39
b21) Bunyip et Tarago rivers	41
b22) Cardinia creek	41

	Pages
B. Echantillonnage dans la baie	43
a) Zone Nord-Est de la baie	43
b) Au large de Bass river	43
2. Laboratoire	44
A. Sélection des échantillons	44
B. Préparation des échantillons	45
Conclusion	45
CHAPITRE III - ETUDE PETROGRAPHIQUE	49
I - ANALYSE MINERALOGIQUE DE LA FRACTION ARGILEUSE	49
1. Méthodologie	49
A. Principe	49
B. Appareillage	49
C. Préparation des échantillons	50
D. Principes de dépouillement des diffractogrammes	50
a) Nature des argiles	50
b) Estimation semi-quantitative	53
c) Remarque	53
2. Résultats	53
A. Signification des différents types d'argiles présents dans les mélanges	53
a) Kaolinite	55
b) Illite	55
c) Vermiculite	55
d) Smectite	57
e) Chlorite	57
f) Interstratifiés	57
g) Autres constituants de la fraction argileuse	57
g1) Matériel subamorphe aux rayons X	57
g2) Quartz	58
g3) Feldspaths	58
B. Composition des mélanges argileux en relation avec leur provenance	58
a) Zone A.....	59
a1) Bass river	59
a2) Lang lang river	61
b) Zone B	62
b1) Bunyip river.....	62
b2) Tarago river	63
b3) Cardinia creek	65

	Pages
c) Baie	67
c1) Nord Est de la baie	67
c2) Au large de Bass river	69
C. Synthèse et conclusion de l'analyse minéralogique des argiles	69
a) Environnement géologique	69
b) Influence du climat	70
c) Influence de l'hydrodynamisme	70
II - ETUDE PETROGRAPHIQUE DE LA FRACTION GROSSIERE	71
1. Observation à la loupe binoculaire	71
A. Principes	71
B. Observations	71
a) Cardinia creek	71
b) Autres échantillons	73
c) Interprétation et conclusion	73
2. Analyse exoscopique des quartz	73
A. Principes	73
B. Méthodologie	74
a) Préparation des échantillons	74
b) Appareillage	75
C. Observations et interprétations	75
D. Conclusions	76
3. Etude de la thermoluminescence naturelle des quartz et feldspaths	77
A. Principe et orientation de l'étude	77
B. Méthodologie	77
a) Préparation des échantillons	77
b) Appareillage	79
C. Résultats	79
a) Température d'émission	79
b) Forme et intensité des pics	81
D. Interprétation	81
a) Influence de l'attaque à l'acide fluorhydrique	81
b) Essai de caractérisation des quartz en fonction de leur origine	82
E. Conclusion et proposition d'étude future	83
4. Conclusion à l'étude de la fraction grossière	83

CONCLUSION DE L'ETUDE PETROGRAPHIQUE	84
CHAPITRE IV - ETUDE GEOCHIMIQUE	86
INTRODUCTION	86
I - METHODOLOGIE	86
1. Principes	86
2. Préparation des échantillons	87
3. Appareillage et traitement des mesures	87
4. Précision des mesures	88
A. Erreurs expérimentales	88
B. Erreurs instrumentales	88
C. Erreurs accidentelles	88
D. Erreurs liées à la dilution fondant/échantillon	88
II - RESULTATS	90
1. Zone A.	90
A. Bass river	90
B. Lang lang river	92
a) Fraction fine	92
b) Comparaison entre les différentes fractions granulométriques	95
C. Yallock creek	95
2. Zone B	97
A. Bunyip river	97
B. Tarago river	97
C. Cardinia creek	98
a) fraction fine	98
b) comparaison des différentes fractions granulométriques	98
3. Baie	100
A. Nord-Est de la baie	100
a) fraction fine	100
b) comparaison des différentes fractions granulométriques	102
B. Au large de Bass river	102
a) fraction fine	102
b) comparaison des différentes fractions granulométriques	104

III - COMPARAISON DES RESULTATS DE L'ETUDE GEOCHIMIQUE ET DE L'ETUDE PETROGRAPHIQUE	104
1. Marquage des types minéralogiques à l'aide d'éléments chimiques	104
A. Minéraux argileux	104
a) Illite	104
b) Smectite	104
B. Autres minéraux	106
2. Corrélation des résultats pétrographiques et géochimiques	107
A. Apports en provenance des différents types de patrie alimentatrice	107
B. Effet de la pédogenèse	107
C. Effet de l'hydrodynamisme	108
CONCLUSION A L'ETUDE GEOCHIMIQUE	108
CONCLUSION GENERALE	113
I - SYNTHESE DES RESULTATS	113
1. Etude pétrographique	113
2. Etude géochimique	113
3. Carte de synthèse	114
II - INTERET DE CETTE ETUDE DANS LE CADRE DU "WESTERN PORT BAY ENVIRONMENT STUDY"	114
1. Apport à l'étude sédimentologique et dynamique de la baie	114
2. Effet de l'aménagement par l'homme	116
III - PERSPECTIVES OUVERTES PAR CETTE ETUDE	116
BIBLIOGRAPHIE	117
ANNEXES	
PLANCHES PHOTOS	

LISTE DES FIGURES

	Pages
fig. 1.- Situation de l'Etat de Victoria en Australie	2
2.- Carte de situation du terrain étudié	2
3.- Principales provinces tectoniques, d'après RUTLAND ,1976..	6
4.- Séparation des continents indien, antarctique et australien depuis le Crétacé inférieur à nos jours, d'après VEEVERS et Mc ELLINNY (1976)	6
5.- Reconstitution tectonique du Gondwana, d'après CRADDOCK, (1977)	8
6.- Schéma structural de Victoria, d'après HARRINGTON et al. (1974).....	10
8.- Représentation schématique de la stratigraphie dans la région de Western Port, d'après GOSTIN (1966).....	22
9.- Principales unités morphologiques du bassin d'alimentation de Western Port, d'après JENKINS (1962)	22
10.- Système de drainage du bassin d'alimentation de Western Port. Formations quaternaires	24
11.- Recouvrement pédologique du bassin d'alimentation de Western Port (in SHAPIRO, 1975)	29
12.- Modèles de circulation des courants dans la baie de Western Port, d'après HINWOOD, JONES (1979), HINWOOD (1979), HARRIS, ROBINSON (1979), STERNBERG (1979), MARSDEN et al. (1979), MARSDEN (1979)	31
13.- Carte morphologique de la baie de Western Port, d'après DONALDSON et MARSDEN (1977)	33
14.- Enregistrement type du niveau de la marée, d'après HINWOOD, JONES (1979)	34
15.- Pluviosité moyenne mensuelle (Nord Est du bassin d'alimen- tation), d'après MARSDEN et al., (1979).....	34
16.- Profils d'équilibre des rivières de la zone A et géologie de leurs bassins versants	38
17.- Profils d'équilibre des rivières de la zone B et géologie de leurs bassins versants	40
18.- Distribution des échantillons dans la baie. Carte morpho- logique établie par MARSDEN et MALLET (1975)	42
19.- Exemples de diffractogrammes	51
20.- Distribution des minéraux argileux dans le bassin d'alimenta- tion et la baie de Western Port	54
21.- Indice de Kubler, en fonction de la hauteur du pic 001 ...	56
22.- Variation de la composition des mélanges argileux dans les échantillons de la zone A.	60
23.- Variation de la composition des mélanges argileux dans échantillons de la zone B	64

Fig. 24.- Variation de la composition des mélanges argileux dans la baie	66
25.- Processus de tri minéralogique dans la baie	68
26.- Position des pics P1 et P2 avant (A) et après (B) l'attaque à l'acide fluorhydrique	80
27.- Différents types de courbes de thermoluminescence	80
28.- $\text{SiO}_2 = f(\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3)$, fraction fine des échantillons de Bass River	91
29.- $\text{TiO}_2 = f(\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3)$, fraction fine des échantillons de Bass river.....	91
30.- Variation du fer, du manganèse, de la chaux dans la fraction fine des échantillons de Bass river	91
31.- $\text{TiO}_2 = f(\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3)$, fraction fine des échantillons de Lang lang river	93
32.- variation du fer, du manganèse, de la chaux dans la fraction fine des échantillons de Lang lang river	93
33.- $\text{SiO}_2 = f(\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3)$, différentes fractions des échantillons de Lang lang river	94
34.- $\text{TiO}_2 = f(\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3)$, différentes fractions des échantillons de Lang lang river	94
35.- $\text{TiO}_2 = f(\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3)$, fraction fine des échantillons de Yallock creek	94
36.- Variations du fer, du manganèse, de la chaux dans la fraction fine des échantillons de Yallock creek	96
37.- Variations du fer, du manganèse, de la chaux dans la fraction fine des échantillons de Bunyip river	96
38.- Variation du fer, du manganèse, de la chaux dans la fraction fine des échantillons de Cardia creek	99
39.- $\text{SiO}_2 = f(\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3)$, différentes fractions des échantillons de Cardina creek	99
40.- $\text{TiO}_2 = f(\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3)$, différentes fractions des échantillons de Cardina creek	99
41.- $\text{SiO}_2 = f(\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3)$ différentes fractions, échantillons de la baie, Nord-Est	101
42.- $\text{TiO}_2 = f(\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3)$, différentes fractions, échantillons de la baie, Nord-Est.....	101
43.- Variation du fer, du manganèse, de la chaux et de la magnésie dans les échantillons prélevés au large de Bass river.....	103
44.- Variations géochimiques dans le bassin d'alimentation et la baie de Western Port	105
45.- Carte synthétique des données apportées par l'étude pétrographique et géochimique des sédiments actuels dans le bassin d'alimentation et la baie de Western Port	115

LISTE DES TABLEAUX

	Pages
Tableau I.- Précipitations et températures moyennes dans la région de Melbourne, d'après A. HUETZ DE LEMPS, 1968) ...	35
II.- Estimation semi-quantitative de la composition minéralogique des argiles	52
III.- Résumé des observations à la loupe binoculaire	72
IV.- Résultat des mesures de thermoluminescence	78
V.- Conditions expérimentales de l'analyse en fluorescence X .	89
VI.- Evaluation des erreurs expérimentales et instrumentales	89

E R R A T A

<u>page</u>	<u>ligne</u>	<u>lire</u>	<u>au lieu de</u>
I	11	... DE L'AUSTRALIE ET DE L'ETAT.	... DE L'AUSTRALIE.
VI	20	ENVIRONMENTAL	ENVIRONMENT
VIII	32	Variations	variations
14	27	paralique	parallique
16	19	"	"
21	24	baie	vaie
23	23	...(Bass fault), par une ...	...(Bass fault) par une ...
23	26	750 m	250 m
25	15	... on observe un ...	... on observe le ...
26	21	... développée que dans les massifs granitiques ...	... développée.
27	2	hypersthène	hyperstène
27	19	... sa nature ...	... leur nature ...
32	10	... vers la mer ...	... de la mer ...
30	3	... est fertile ...	... est non fertile ...
30	22	... vers le large, et la position ....	... vers le large et la position ...
41	31	... entaille, par une gorge peu profonde, le ...	... entaille par une gorge peu profonde le ...
43	3	WILK (1977)	WILK (en préparation)
	6	... de fond ...	... de fonds ...
50	16	LUCAS, CAMEZ, MILLOT (1959)	LUCAS, CAMEZ, MILLOT (1949)
51	sous la fig.	GL : glycolé	L : glycolé
55	8	($^{14}_c - ^{14}_s$)	$^{14}_c - ^{14}_s$)
57	1	souvent le résultat	souvent résultat
59	11	tuf	tuff
"	23	metaholloysite	metatepollite
"	32/33	... et, dans l'échantillon 7, à des ...	... et dans l'échantillon 7 à des ...
65	2	... est, bien ...	... est bien ...
79	19	anode	onde
81	8	figure 27	figure
82	16	fig. 27	fig. 26
83	16	origines	origine
84	15	régions	crégions

<u>page</u>	<u>ligne</u>	<u>lire</u>	<u>au lieu de</u>
86	24	fluorescence aux rayons X	fluorescence X
87	9	CLAISSE	CLASSE
89		Tabl. VI Evaluation	Tabl. VI Evolution
92	26	manganifère	manganésifère
100	3	indépendance	independance
102	4	...,dans les sédiments,...	... dans les sédiments...
102	10	apports	apport
104	8	manganèse	maganèse
106	18/19	des rivières de <i>Bass et Lang lang</i>	des rivières de <i>Bass et Lang lang river</i>
106	20	évolue	évolué
107	16	peut-être	peut être
113	4	... quelques aspects de la ...	... quelques aspects...
125	26	. <i>Earth Science review.</i>	Earth science reviews.
127	13	<i>Head</i>	<i>head</i>
127	16	WILK R.W. (1977).- Quaternary molluscan shellbeds from Western Port Bay, Victoria. <i>Honours report. Melbourne University.</i>	

INTRODUCTION

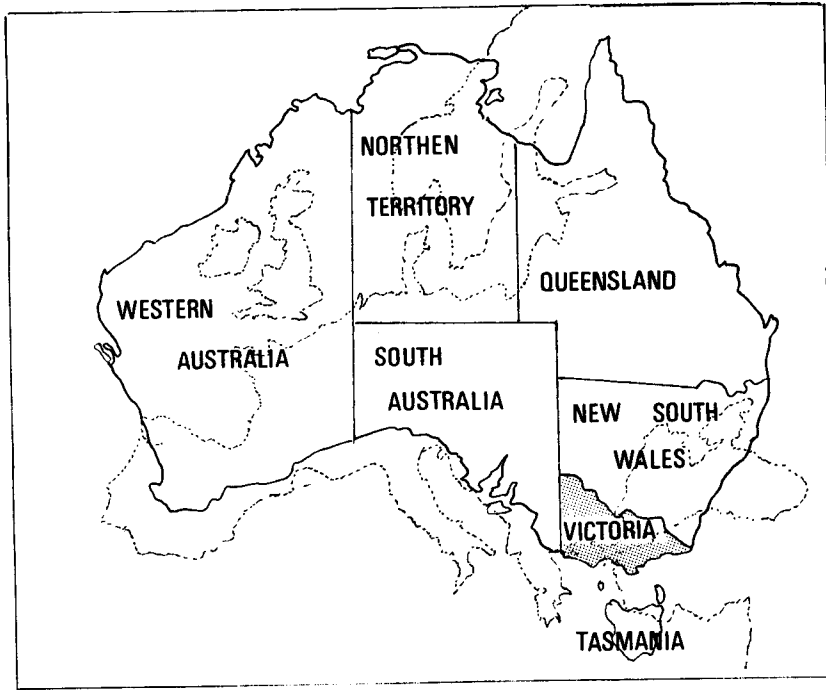


Fig.1 Situation de l'état de VICTORIA en Australie

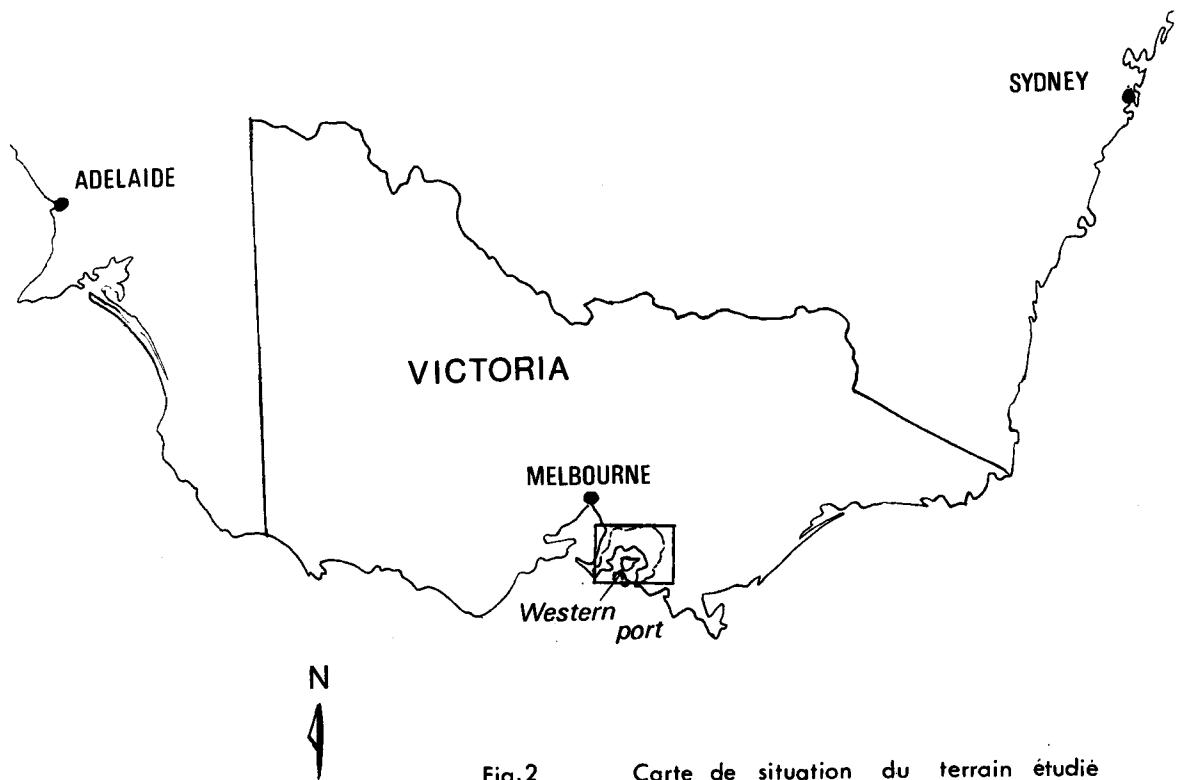


Fig.2 Carte de situation du terrain étudié



0 — 100 km

INTRODUCTION

I - CADRE GEOGRAPHIQUE ET HISTORIQUE DE WESTERN PORT

Western Port et son bassin d'alimentation occupent une superficie d'environ 3250 km², en dépression. 680 km² sont partiellement ou totalement immergés. Situés à environ 100 km au Sud-Est de la ville de Melbourne, dans l'état de Victoria (fig. 1 et 2), ils sont limités par les coordonnées suivantes (coordonnées Greenwich) :

latitude 37°53 à 38°30 S

longitude 145° à 145°40 E

La baie fut découverte en 1797 par le médecin anglais Georges BASS, qui lui conféra le nom de Western Port en raison de sa position occidentale par rapport à tout port établi alors en Australie. L'installation, en 1826 d'un camp de "convicts" (forçats) fut guidée, selon les historiens, par des raisons plus stratégiques qu'économiques. En effet, cette colonie fut établie, non parce que les anglais croyaient en la valeur du sol australien, mais pour devancer les français qui avaient, au printemps 1826, exploré et carté la côte Sud de l'Australie, sans cependant s'y arrêter !

Le développement du port à grand gabarit et du centre industriel d'Hasting ne remonte cependant qu'à la seconde guerre mondiale; sa position à proximité de Melbourne lui confère un rôle important, tant dans le domaine industriel et urbain que pour sa qualité de site écologique et touristique. C'est dans cette optique que le gouvernement de Victoria a entrepris une étude de l'environnement de la région.

II - BUT DE CE TRAVAIL

Ce mémoire vient s'ajouter à une plus vaste étude de la région de Western Port, entreprise depuis 1973 par le *Ministry for conservation of Victoria*, dans les domaines économiques et scientifiques. Ce travail, cependant, a été entrepris indépendamment du Ministère, avec l'aide du Département de Géologie de l'Université de Melbourne. Il vient s'ajouter à une étude déjà largement entreprise de la sédimentologie et de l'environnement de Western Port (MARSDEN, MALLET, 1975; SPENCER-JONES, MARSDEN, BARTON, CARILLO-RIVIERA, 1975; SEEDSMAN, MARSDEN, 1977; DONALDSON, MARSDEN, 1977; MARSDEN, MALLET, DONALDSON, 1979; MARSDEN, 1979).

Ce travail consiste en une étude pétrographique et géochimique des sédiments des rivières principales et de certaines parties de la baie, dans le but d'établir un bilan de l'alluvionnement dans le bassin d'alimentation, et de la contribution en sédiments des rivières à la baie.

Avant d'entreprendre le compte-rendu de ce travail, une étude synthétique de la géologie de l'Australie est présentée au lecteur français.

CHAPITRE 1

Géologie de l'Australie et de l'état de Victoria

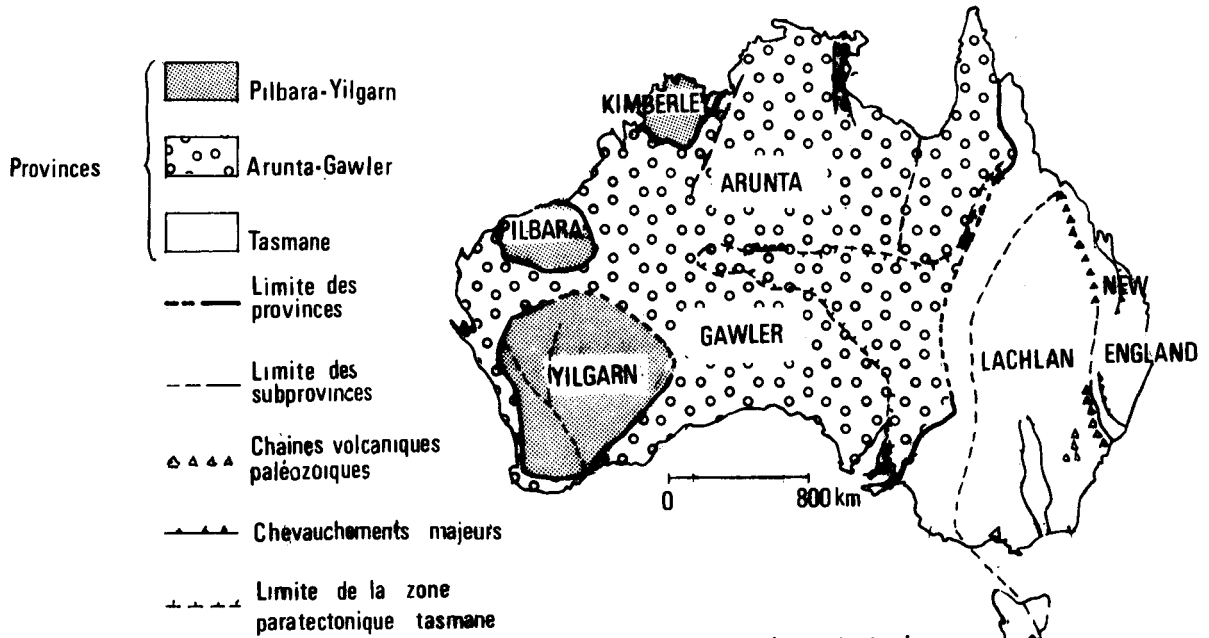


Fig.3 Principales provinces tectoniques d'après Rutland (1976)

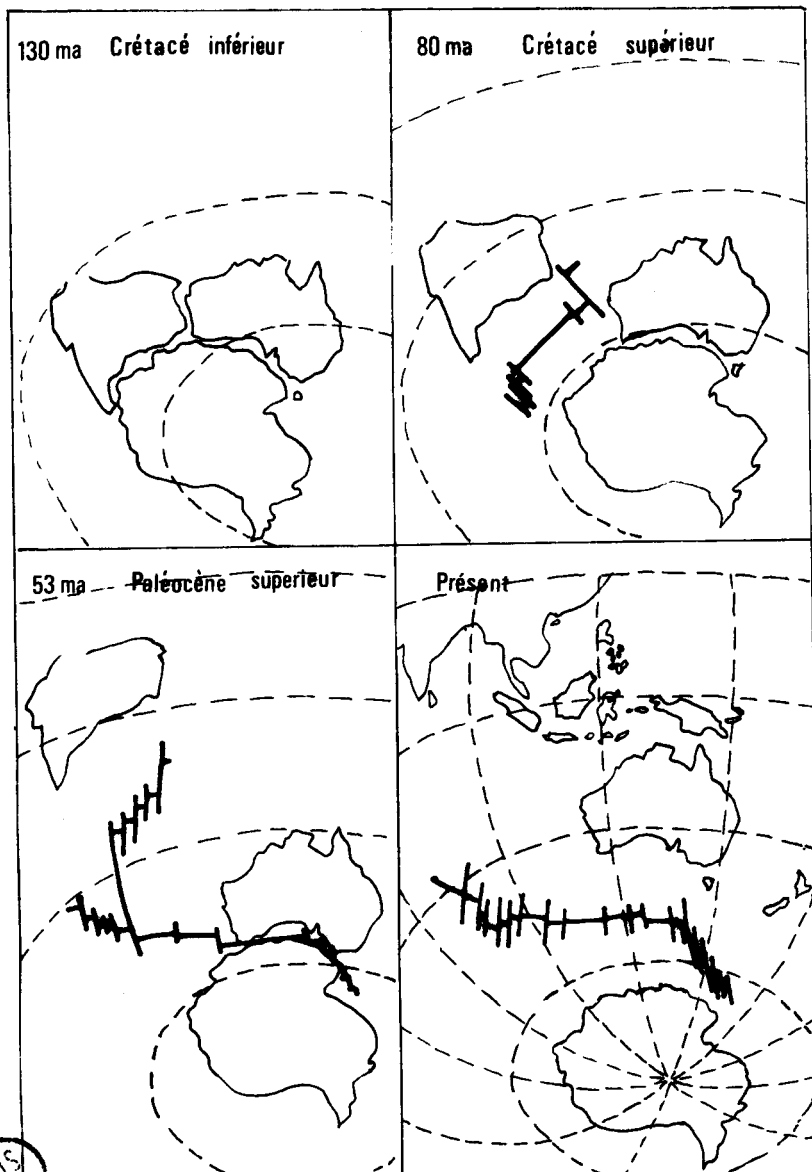


Fig. 4 Séparation des continents indien, antarctique et australien depuis le Crétacé inférieur à nos jours d'après Veevers et McElhinny (1976)

BUS LILLE

CHAPITRE I : GEOLOGIE DE L'AUSTRALIE ET DE L'ETAT DE VICTORIA

I STRUCTURE

Introduction et avertissement

L'Australie est un vaste continent d'une superficie d'à peu près 14 fois la France. Certains aspects de sa géologie sont encore relativement peu connus. Cela s'explique aisément par sa taille, la rareté des affleurements et la difficulté des corrélations inter-régionales. Il serait donc ambitieux de synthétiser en quelques pages la géologie australienne.

Quelques auteurs (SCHEIBNER , 1973; RUTLAND, 1976; HARRINGTON et al., 1974) tentent d'établir cependant un modèle structural du continent australien, auquel on corrélera les données stratigraphiques (BROWN, CAMPBELL, CROOK , 1968; VEEVERS, EVANS, 1973; DOUGLAS, FERGUSON, 1976).

1. Schéma structural de l'Australie

RUTLAND (1976) propose la division du continent australien en 3 provinces majeures, définies dans l'espace et le temps, correspondant à un modèle tectonique caractéristique : l'accrétion, en bordure d'un craton stabilisé lors d'orogènes antérieures, d'une ou plusieurs ceintures orogéniques (fig. 3).

La première province, *Pilbara-Vilgarn*, établie à l'Archéen, au dépens, probablement, d'une zone encore plus ancienne du continent gondwanien, sert de craton pour la seconde province, *Arunta-Gawler*, qui s'établit au Protérozoïque inférieur et moyen.

A l'Est de cette masse cratonique se forme, au Précambrien terminal la province tasmane dont l'activité se propagera d'Ouest en Est du Précambrien terminal au Permien, en suivant le même modèle que les orogènes précédentes.

2. Evolution de l'Australie en tant que part du continent gondwanien

L'évolution du continent australien est étroitement corréléable avec celle des autres continents gondwaniens. Les cartes des figures 4 et 5 représentent sa position par rapport aux autres continents (CRADDOCK, 1977) et son évolution à travers les temps géologiques (VEEVERS et McELHINNY, 1976).

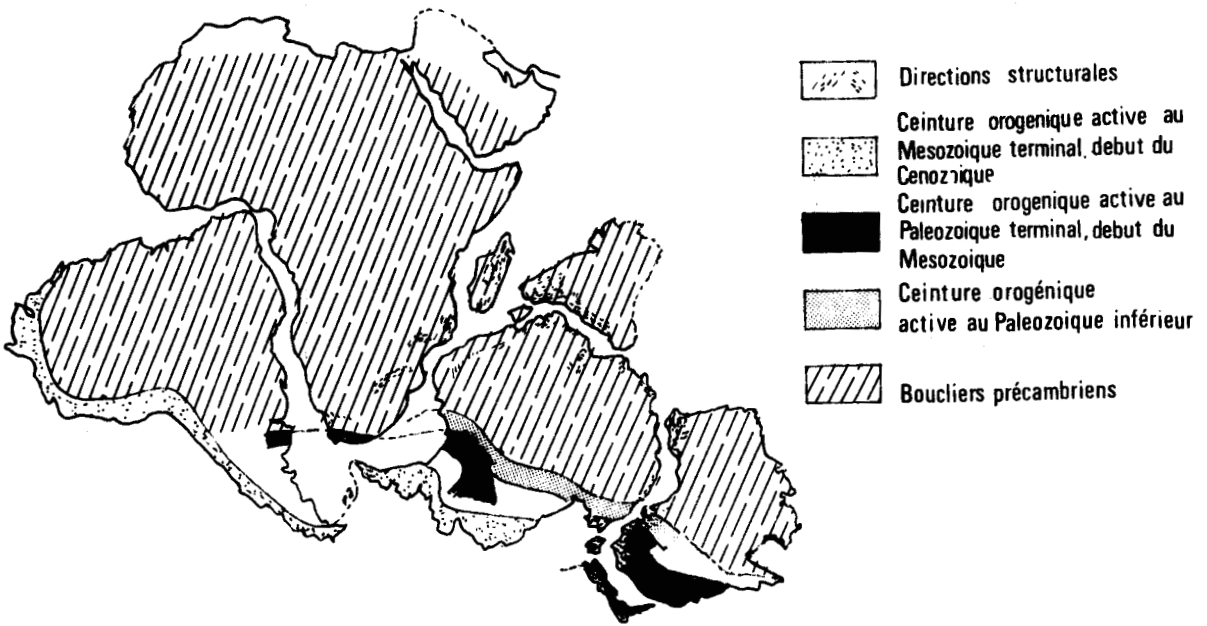


Fig. 5 Reconstitution tectonique du Gondwana d'après CRADDOCK (1977)

Les différentes zones orogéniques décrites en Australie trouvent leur prolongement en Antarctique et jusqu'en Afrique du Sud et en Amérique du Sud (Province tasmane ↔ montagnes transantarctiques, Victoria Land).

A partir des données géophysiques et géologiques, les différents auteurs (SPROLL et DIETZ, 1969; GRIFFITHS, 1971, 1974; HARRINGTON et al., 1973; FALVEY, 1974; VEEVERS, Mc ELHINNY, 1974; CRADDOCK, 1977) définissent plusieurs phases de séparation de l'Australie par rapport aux autres continents gondwaniens.

Entre l'Inde gondwaniennne (c'est-à-dire un continent plus étendu à l'Est que l'Inde actuelle, HURLEY et al., 1971) et l'Australie, s'établit dès le Carbonifère terminal, un système de rift. L'expansion du sol océanique débute au Jurassique moyen jusqu'au Crétacé inférieur.

Le même schéma d'évolution se retrouve pour la zone Sud de l'Australie, entre l'Australie et l'Antarctique, avec un décalage dans le temps. Le système de rift s'établit au Jurassique moyen; l'expansion du sol océanique débute au Paléocène inférieur et se poursuit jusqu'à nos jours.

Au Crétacé, une zone de fracture s'établit entre l'Est de l'Australie et l'ensemble Lord Howe Rise - plateau de Nouvelle Zélande; l'expansion du plancher océanique aurait commencé au début du Tertiaire; certains auteurs (HAYES, RINGIS, 1973; ROOTS, 1975) proposent un schéma de subduction partielle de ce plancher océanique et une translation du haut-fond de Lord Howe Rise et du plateau néo-zélandais donnant à la mer tasmane sa configuration actuelle.

Un dernier système de rift s'installe entre le Nord de l'Australie et la Papouasie au Crétacé terminal-Paléocène, les deux ensembles se séparant à l'Eocène.

L'Australie évolue dès lors indépendamment des autres continents gondwaniens.

3. Schéma structural de l'Etat de Victoria

A. Victoria, New South Wales et Tasmanie

La province tasmane définie par RUTLAND (1976) peut être subdivisée en trois subprovinces :

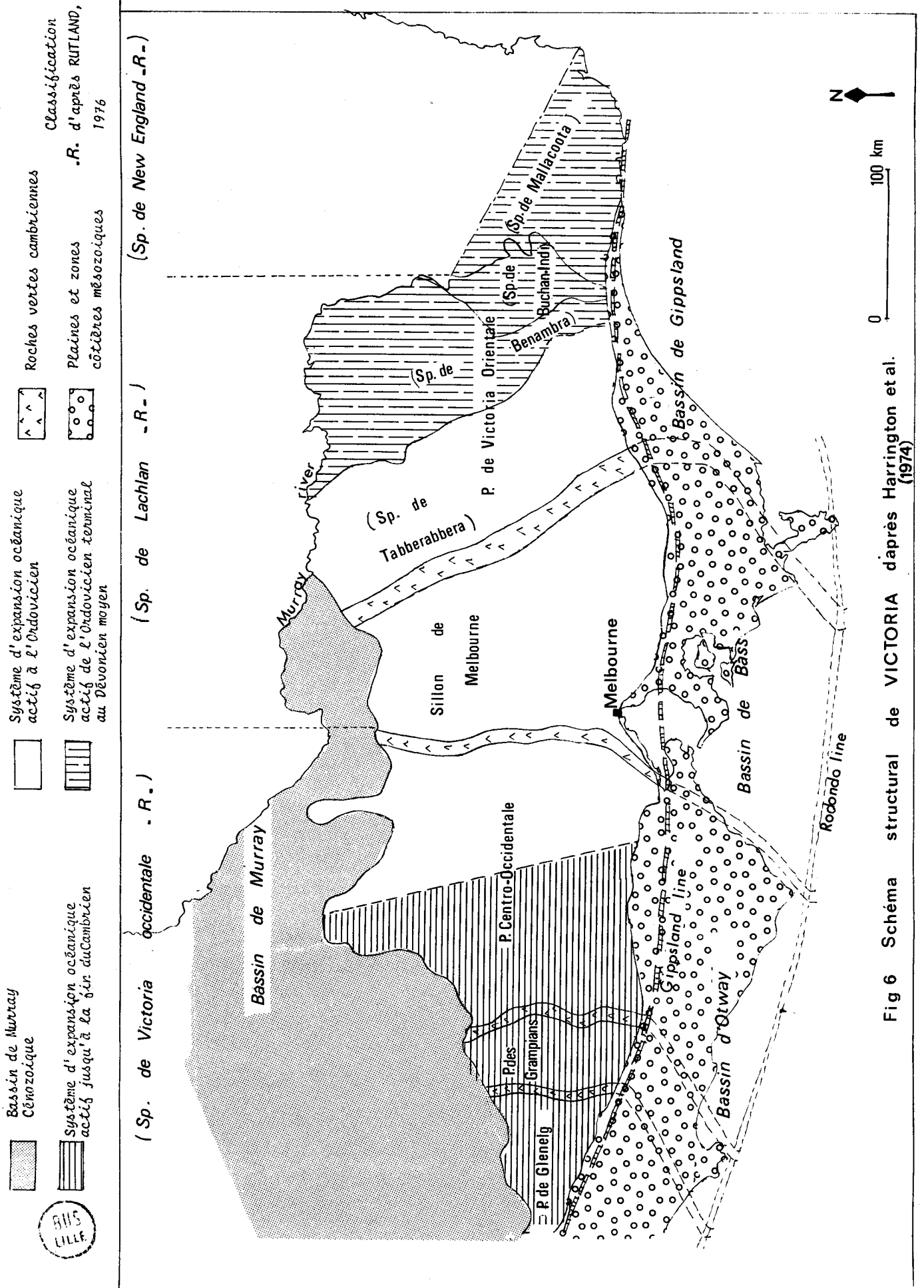


Fig 6 Schéma structural de VICTORIA d'après Harrington et al. (1974)

- une subprovince occidentale, elle-même partagée en une zone interne, orthotectonique, active au Précambrien terminal (région d'Adélaïde) et une zone externe, paratectonique, active au Cambrien et Ordovicien (Victoria occidentale, "orogène" de Bowring-Benambra);
- la subprovince de Lachlan (Victoria centrale et orientale) active au Dévonien ("orogène" de Tabberabbera);
- la subprovince de New England, active au Permien (Nord des New South Wales (New England) ("orogène" de Hunter-Bowen)).

B. L'Etat de Victoria au sens strict

HARRINGTON, BURNS, THOMPSON et OZOLINS (1974) proposent un schéma structural de l'Etat de Victoria dont on retrouve le prolongement, en New South Wales, dans le schéma établi par SCHEIBNER (1973).

L'Etat de Victoria présente trois régions géomorphologiques principales :

- a) Le bassin de Murray, au Nord-Ouest composé de matériel essentiellement cénozoïque, en pente douce vers le Nord, reposant sur un socle paléozoïque. L'existence de ce bassin d'une surface pratiquement égale aux 2/3 de la France explique les difficultés de corrélation directe entre les structures de Victoria et New South Wales.
- b) Le haut pays de Victoria (Victoria highlands) est constitué, au centre, essentiellement de matériel paléozoïque. D'Ouest en Est, on y distingue différentes provinces structurales, elles-mêmes subdivisées en subprovinces et séparées par des ceintures de roches vertes à l'Ouest, par des systèmes de failles à l'Est.

Province de Glenelg

-----Roches vertes de Black range)	
Province des Grampians)	} Zone externe de } la subprovince } de Victoria } occidentale } (RUTLAND, 1976)
-----Roches vertes de Stavely)	
Province centro-occidentale (sillon de Ballarat))	
-----Roches vertes de Heathcote)	

Sillon de Melbourne

-----Roches vertes de Mt Wellington

Province de Victoria orientale :

subprovince de Tabberabbera)	
subprovince de Benambra)	} subprovince de Lachlan } (RUTLAND, 1976)
subprovince de Buchan-Indi)	
subprovince de Mallacoota =	subprovince de New England (RUTLAND, 1976)

HARRINGTON et al.(1974) interprètent ces différentes unités comme le résultat de l'activité de systèmes d'expansion océanique, simultanées ou successives dans le temps (fig. 6)

Traditionnellement (BROWN, CAMPBELL et CROOK, 1968), l'activité de la subprovince de Lachlan a été décrite comme la succession des trois phases orogéniques dont témoignent les disharmonies stratigraphiques aux localités dont les orogénèses portent le nom :

- au Silurien inférieur : l'orogénèse de Benambra (Eastern Victoria),
- au Silurien moyen : l'orogénèse de Bowning (Nord de Canberra)
- au Dévonien moyen : l'orogénèse de Tabberabbera (Eastern Victoria)

L'orogénèse Hunter-Bowen au Permien correspond à la période d'activité de la subprovince de New England (HARRINGTON et al., 1974).

- c) Au Sud la plaine côtière et le Haut-Pays du Sud (Southern Highlands) présentent un matériel essentiellement mésozoïque, cénozoïque et quaternaire (sédiments et roches volcaniques), découpé par des failles subverticales, en horst et grabben (*Western port*).

Quelques affleurements paléozoïques témoignent de la continuité du socle sous cet ensemble. HARRINGTON et al. (1974) se basent sur l'inflexion des structures paléozoïques vers l'Ouest et la position de la Tasmanie pour émettre l'hypothèse d'une faille transformante au Sud de la côte de l'Etat de Victoria (*Gambier-Beaconsfield fracture zone, Rodondo line*).

II STRATIGRAPHIE

(VEEVERS, EVANS, 1974; BROWN, CAMPBELL, CROOK, 1968; DOUGLAS, FERGUSON, 1975).

1. Précambrien

Le Précambrien affleure largement en Australie occidentale et constitue une partie du bouclier précambrien du Gondwana. Il n'est pas reconnu dans l'Etat de Victoria.

2. Cambrien

Les dépôts cambriens se limitent à la zone occidentale de la province tasmane (dépôts de mer peu profonde) et sont accompagnés de phénomènes volcaniques; on l'observe dans l'état de Victoria, au centre et à l'Ouest, sous la forme de ceintures de roches vertes.

3. Ordovicien

Il existe des dépôts ordoviciens de type de mer peu profonde au Nord Ouest et au centre du continent australien.

Les dépôts ordoviciens de type océanique, bien datés par les graptolites, sont localisés dans la province tasmane. Ils sont bien connus dans l'état de Victoria et de New South Wales; ils sont constitués d'une épaisse séquence de grès silteux, de grauwackes, de siltites argileuses et sableuses, d'argilites sableuses et de quelques niveaux calcaires.

A la fin de l'Ordovicien, la subprovince de Lachlan entre en activité (orogénèse de Benambra). Ceci provoque un métamorphisme intense en Victoria orientale et plisse les terrains selon une direction majeure Nord-Nord Ouest.

4. Silurien et Dévonien inférieur et moyen

On note quelques rares affleurements de sédiments de type de mer peu profonde, ou fluviatiles, en Australie centrale et occidentale; la sédimentation y est interrompue à la fin du Silurien jusqu'au Dévonien moyen.

Dans la subprovince de Lachlan, la sédimentation est continue du Silurien au Dévonien moyen. Trois zones de sédimentation sont définies dans l'état de Victoria.

A. Le sillon de Melbourne

Le Silurien y est concordant sur l'Ordovicien; le Silurien et le Dévonien inférieur et moyen sont constitués d'une épaisse série d'argiles, de grès, de conglomérat et de calcaires, d'origine marine.

B. Victoria orientale

Le Silurien y est discordant sur l'Ordovicien; on observe un volcanisme acide, puis le dépôt de conglomérat, silts et grès. Ces dépôts sont plissés à la fin du Silurien par la phase de Bowring (activité de la subprovince de Lachlan). Le Dévonien inférieur présente des niveaux non marins, recouverts par un niveau volcanique et enfin, des niveaux de calcaires, calcaires dolomitiques, argilites et grès.

C. Victoria occidentale

Le Silurien y est continental, composé de quartzites, siltites et argilites; on note un niveau volcanique de base. Il est fortement discordant sur l'Ordovicien et même le Cambrien, et lui-même plissé au Dévonien (phase de Tabberabbera).

5. Dévonien supérieur et Carbonifère inférieur et moyen

L'environnement paléogéographique est nettement modifié à la suite de l'activité de la province tasmane (subprovince de Lachlan); dans les bassins occidentaux, la sédimentation reprend. Ce sont des dépôts de plate-forme continentale ou de mer peu profonde. Dans la province tasmane et plus particulièrement dans l'Etat de Victoria, c'est une sédimentation essentiellement continentale et les roches volcaniques et plutoniques acides témoignent de la fin de l'activité de la subprovince de Lachlan. Le sillon de Melbourne est alors plissé et la direction majeure des plis Nord-Nord Ouest est renforcée.

6. Carbonifère supérieur, Permien inférieur

Tandis que la partie sud-ouest de l'Australie est envahie par les glaciations venant du Sud (Antarctique), les sédiments d'âge Carbonifère supérieur se localisent au Nord, au centre et à l'Ouest du continent. On relève la présence en abondance de flore gondwanienne (*Glossopteris*, *Gangamopteris*).

La formation de bassins de sédimentation au Nord et à l'Ouest du continent australien est rattachable à l'établissement du système de rift australo-indien.

Au Permien se fait sentir l'activité de la subprovince de New England. Les glaciers régressent et une sédimentation de mer marginale prend place (dépôt de charbon de type parallique).

Dans l'Etat de Victoria, les dépôts permien (schistes, silt, grès, tuffs volcaniques, tillites et charbon) probablement étendus à l'ensemble de l'état ont été préservés de l'érosion dans les zones de grabben.

A la fin du Permien, la flore de *Glossopteris* et *Gangamopteris* disparaît.

7. Mésozoïque

Le Mésozoïque est en Australie une période de calme orogénique; la sédimentation est peu importante.

A. Frias

La sédimentation triasique est peu développée. On note quelques niveaux de sédiments continentaux. Il existe à l'Est du continent, un volcanisme acide et dans l'Etat de Victoria (région de Benambra) une activité ignée de tension post-orogénique (granite, syénite, trachyte) (communication orale MORLEY, 1978).

A l'Ouest, le long du rift australo-indien se dépose essentiellement du matériel terrigène.

B. Jurassique

Les dépôts sont essentiellement fluviatiles et localisés en New South Wales (Grand Bassin Artésien).

La sédimentation marine se développe au Nord et à l'Ouest du continent, entre les continents indien et australien, simultanément à l'expansion du plancher océanique qui débute au Jurassique moyen.

A la fin du Jurassique, un nouveau système de rift s'établit, entre l'Antarctique et l'Australie.

Il n'existe pas de sédiments jurassiques en Victoria; cependant des trachytes y ont été datées d'âge jurassique et témoignent d'un phénomène de tension.

C. Crétacé

Dans la moitié nord du continent, la mer transgresse sur le continent australien et les dépôts sont de type sédiment de plateforme; au contraire, au Sud, la sédimentation se limite à des bassins subsidents le long du rift australo-antarctique : dans l'Etat de Victoria, les affleurements principaux de Crétacé sont localisés dans les bassins d'Otway et de Gippsland et sont composés d'alternances d'arkose et d'argilite, reposant sur un niveau de conglomérat sporadique.

8. Cénozoïque

Tandis qu'au Nord et à l'Ouest, en bordure du continent, se développe une marge océanique (sédimentation carbonatée, mer de corail), au Sud, l'expansion du plancher océanique débute entre l'Antarctique et l'Australie.

Une zone de fracture se développe à l'Est de l'Australie, séparant du continent, l'ensemble du Lord Howe Rise - plateau néo-zélandais et permettant la formation de la mer tasmane.

Dès lors, l'évolution du continent australien se fait indépendamment des autres continents gondwaniens. La sédimentation est continentale, dans l'ensemble du continent, sauf au Sud où la sédimentation est de type de mer marginale. Dans l'Etat de Victoria, le Cénozoïque se dépose en concordance sur le Crétacé, en le débordant légèrement au Nord, dans trois bassins principaux, d'orientation Est-Ouest (bassins de Otway, Gippsland et de Murray). Il présente deux cycles de sédimentation majeurs : la séquence inférieure (Paléocène, Eocène inférieur) est composée de sédiments terrigènes (sables, graviers, argiles) riches en matière organique et en pyrite, déposés dans un environnement de mer marginale ; la séquence supérieure (Eocène supérieur, Oligocène, Miocène) est, de même, dans certaines localités, un dépôt de type parallique, composé de calcarénites, marnes, argiles et silts calcareux. Les sédiments sont localement recouverts, en discordance, par un fin niveau de sédiments miocènes supérieurs, plio-pleistocènes ou holocènes, marins et continentaux.

L'activité volcanique est continue pendant le Cénozoïque mais montre deux phases plus intenses au Paléocène-Eocène ("*Older volcanics*") et au Plio-Pléistocène ("*Newer volcanics*"). Ce sont des basaltes andésitiques, de type de marge continentale.

A la fin du Cénozoïque et au début du Quaternaire, quelques mouvements tectoniques de tension se produisent et résultent dans la formation de failles subverticales limitant des structures en horst et grabben.

9. Quaternaire

Le continent australien est au Quaternaire le siège d'une sédimentation fluviatile et éolienne extensive (bassin de Murray).

L'extension des glaciations quaternaires est de faible ampleur (limitée à la Tasmanie et à l'Est de l'Etat de Victoria); l'effet de ces glaciations se traduit cependant sur la marge du continent par des fluctuations importantes du niveau de la mer.

Quatre phases de variation sont reconnues (MARSDEN, MALLET, 1975) :

- au Pleistocène inférieur, le niveau de la mer est bas et le jeu de failles important;
- le système actuel de drainage par les rivières s'établit au Pléistocène moyen (125.000 B.P.); le niveau de la mer remonte, sans atteindre cependant son niveau maximum. On observe la formation de méandres et de nombreux dépôts fluviatiles;
- au Pléistocène supérieur (Würm-Kosciusko, 28-20.000 B.P.), le niveau de la mer redescend (moins 27 m par rapport à son niveau actuel) et entraîne une érosion importante, un surcreusement des méandres; on observe des dépôts éoliens;
- au Pléistocène terminal-Holocène inférieur, le niveau de la mer remonte (transgression flandrienne), puis régresse progressivement jusqu'à son niveau actuel.

CONCLUSION

La géologie de l'Australie ne peut être étudiée indépendamment de celle des autres continents gondwaniens et des différents événements qui régissent sa séparation d'avec eux.

L'évolution de l'Etat de Victoria est dominée jusqu'à la fin du Paléozoïque par l'activité de la province tasmane dont on retrouve le prolongement en Antarctique (Montagnes transantarctiques, Victoria Land) et même en Afrique du Sud et en Amérique du Sud (CRADDOCK, 1977).

A partir du Jurassique moyen, lors de la formation du système de rift entre l'Antarctique et l'Australie et jusqu'à nos jours, cette dernière évolue indépendamment et on assiste à l'établissement progressif d'un système de marge continentale qui donne à la côte Sud de l'Australie sa configuration actuelle.

CHAPITRE 2

Présentation de la région étudiée - Matériel d'étude

CHAPITRE II - PRESENTATION DE LA REGION ETUDIEE-MATERIEL D'ETUDE

Introduction

Le cadre de l'étude est présenté dans ce chapitre. Dans un premier point, les différentes formations drainées par les rivières dont on a étudié les échantillons, sont situées dans leur cadre géographique et leur nature lithologique et pétrographique sont précisées; la morphologie de la baie est décrite.

Le mode d'échantillonnage et les méthodes de laboratoire sont présentés dans un second point.

I - CADRE MORPHOLOGIQUE ET GEOLOGIQUE DE LA REGION ETUDIEE

1. Bassin d'alimentation

A) Morphologie

La configuration de la région de Western Port et l'alimentation en sédiments de la baie sont régis par le fait de la présence des différents types de roches (JENKINS, 1962) (fig. 7 et 8) relatant de son évolution paléogéographique. Mais sa morphologie actuelle est surtout fortement influencée par les évènements tectoniques et les dépôts du Cénozoïque et du Quaternaire qui lui confèrent sa position en grabben et provoquent la mise en relief de massifs paléozoïques et mésozoïques qui l'entourent.

Au Cénozoïque, la sédimentation est accompagnée de phénomènes de volcanisme et de subsidence. La tectonique quaternaire (phase du Kosciusko en Victoria orientale et en Nouvelle Zélande) et les glaciations successives permettent les variations du niveau de la mer, modifiant l'aspect de la baie en établissant le système de drainage actuel et un régime de sédimentation en baie semi-fermée.

Les différents types de roches créant la morphologie du bassin d'alimentation sont masqués la plupart du temps par une importante couverture pédologique.

On distingue quatre unités morphologiques principales (JENKINS, 1963; SPENCER-JONES et al., 1975).

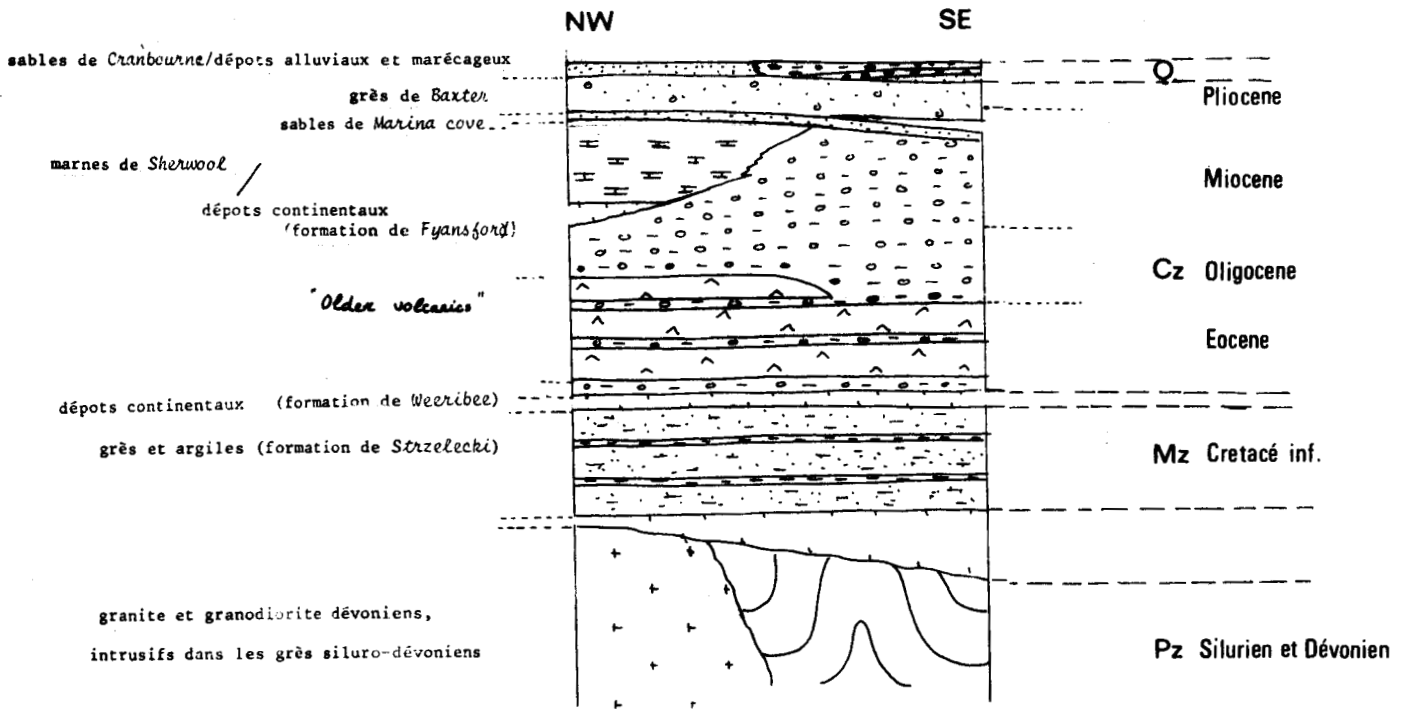


Fig 8 Représentation schématique de la stratigraphie dans la région de Western Port (d'après GOSTIN, 1966)

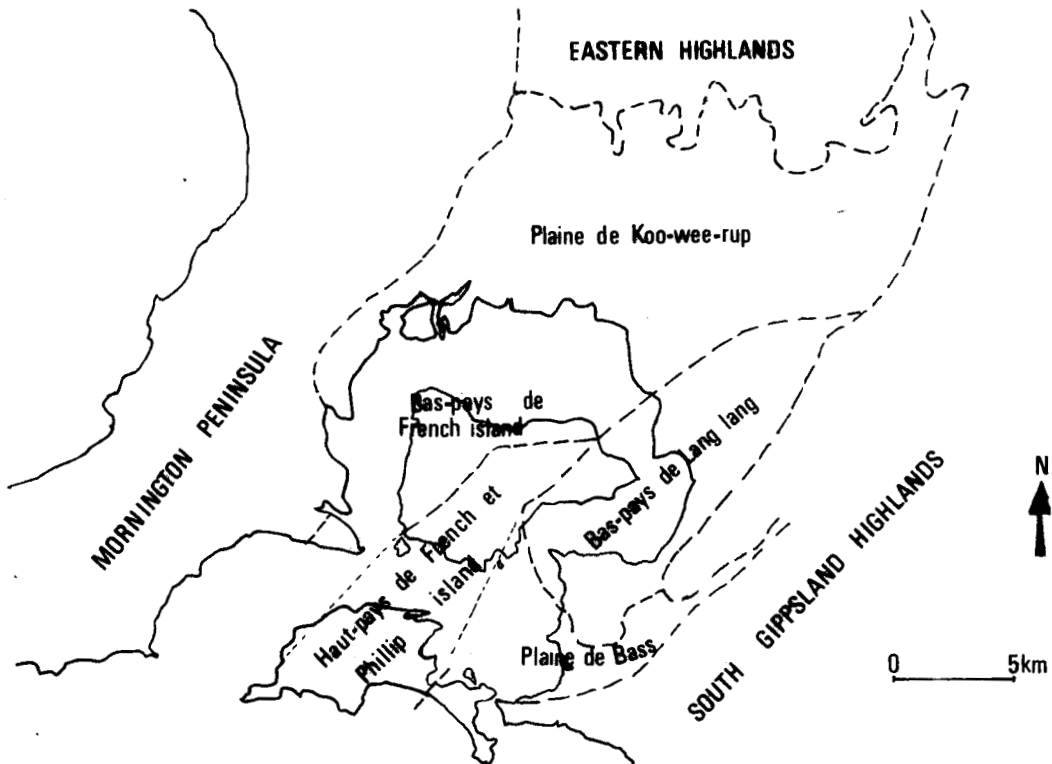


Fig 9 Principales unités morphologiques du bassin d'alimentation de Western Port. (d'après JENKINS, 1962)

BIS
LILLE

a. Eastern Highlands

Au Nord du bassin d'alimentation, l'avant-pays des *Eastern Highlands* présente un relief peu accentué, d'altitude moyenne (culminant à 1250 m dans le massif de Tynong, à 750 m dans le massif de Lysterfield). Il est constitué de matériel essentiellement paléozoïque (Silurien et Dévonien gréseux, granite de Tynong, granodiorite de Lysterfield, rhyolites et rhyodacites de Dandenong); localement, on note la présence de matériel volcanique cénozoïque.

Les roches paléozoïques sont supposées constituer le socle du bassin de *Western Port*.

b. Mornington peninsula

A l'Ouest, cette péninsule sépare la baie de *Western Port* de la baie de *Port Phillip*; elle est de faible altitude (200 à 250 m au nord, 500 m au Sud). Un système de failles de direction majeure Nord-Nord Est forme un horst, mettant en relief le matériel paléozoïque (Ordovicien et Silurien grésosilteux, granite dévonien du *Mount Arthur*). Ces roches sont largement recouvertes par des sédiments du Cénozoïque inférieur (argile, sables, graviers) et au Sud, par une épaisse séquence de matériel volcanique cénozoïque inférieur (basalte andésitique).

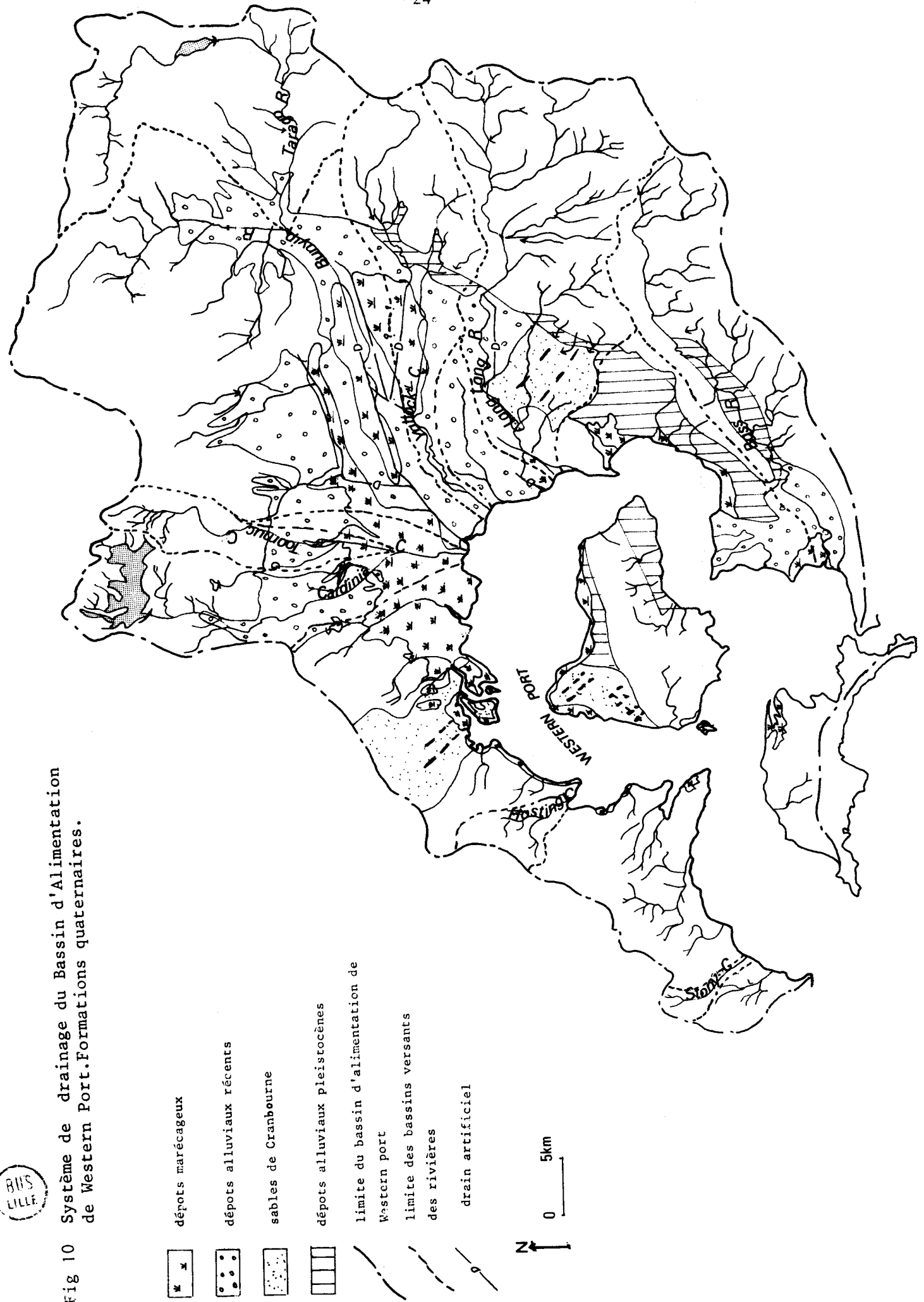
c. South Gippsland Highland

A l'Est du bassin d'alimentation, la terminaison occidentale du bassin crétacé de *Gippsland* (arkoses et argiles) est bordée, à la faveur d'une faille subverticale, nettement visible dans la topographie (*Bass fault*) par une bande de sédiments cénozoïques, elle-même limitée par une faille (*Heath hill fault*) la séparant de la plaine quaternaire. Cette zone a un relief modéré, culminant à 250 m.

d. Western port Sunkland

Cette zone centrale effondrée en grabben est une large plaine quaternaire partiellement immergée. JENKINS (1962), SPENCER-JONES et al. (1975) y définissent cinq zones principales, délimitées par des failles subverticales, de direction Nord-Nord Est ou Est-Nord Est (fig. 8) :

Fig 10 Système de drainage du Bassin d'Alimentation de Western Port. Formations quaternaires.



BHS LILLE

- la plaine alluviale de Koo-wee-rup,
- le bas-pays de Lang Lang, légèrement vallonné où affleurent des sédiments cénozoïques,
- la plaine alluviale de Bass,
- le bas-pays de French Island
- le haut-pays de French Island et Phillip Island

La morphologie actuelle de *Western Port Sunkland* résulte des mouvements tectoniques et des fluctuations du niveau de la mer liées à ceux-ci et aux glaciations (MARSDEN, MALLET, DONALDSON, 1979).

Au Pléistocène moyen (niveau de la mer relativement haut), le système de drainage se dessine : les rivières sont larges et forment des méandres et on observe le dépôt de barrières alluviales le long de leur trajet.

Au Pléistocène terminal (niveau de la mer bas, lié à la glaciation Würm-Kosciusko), les rivières s'établissent radialement sur le pourtour de la baie et creusent les méandres qu'elles avaient précédemment formés. On observe le dépôt de matériel éolien au Nord-Nord Est de la baie (sables de Cranbourne).

A l'Holocène, entre 10.000 ans et 5000 ans BP, on enregistre une hausse assez forte du niveau de la mer; puis celle-ci régresse jusqu'à nos jours et permet l'établissement de marécages. Jusqu'à l'aménagement de la plaine par l'homme, le drainage vers la baie se fait essentiellement par infiltration.

En 1846, la construction d'un système de drainage artificiel est entrepris; les canaux de Bunyip, Yallock et Lang lang sont creusés (BUTCHER, 1979) et simultanément, l'aménagement des plaines pour la culture maraîchère et le déboisement modifient la capacité de drainage des rivières.

Cependant la contribution en eau douce des rivières à la baie reste de faible amplitude, malgré la construction du système de drainage artificiel (HARRIS et ROBINSON, 1979). (fig. 10).

B) Description des formations contribuant à l'alimentation des rivières

Les différents types de formations drainées par les rivières permettent de délimiter deux zones :

Dans la zone A, à l'Est de la baie, on a étudié les rivières de *Bass, Lang lang et Yallock* qui coulent des collines crétacées, longent ou traversent

une étroite bande de matériel cénozoïque, volcanique et sédimentaire avant de rejoindre la plaine quaternaire. (On notera cependant l'alimentation de *Vallock creek* par un affluent, *King Parrot creek*, provenant des terrains siluro-dévonien, largement recouverts par du matériel volcanique cénozoïque.

Les rivières de la zone B, au nord de la baie (*Bunyip river*, son affluent *Tarago river* et *Cardinia Creek*) débutent dans les massifs cristallins dévonien, traversent ensuite les terrains siluro-dévonien, plus ou moins recouverts par du matériel volcanique cénozoïque, avant de converger vers la large plaine quaternaire de Koo-Wee-Rup.

Ces différentes formations sont décrites ci-après, par leur nature lithologique et pétrographique, ainsi que l'extension et le mode de leurs affleurements, l'extension de leur recouvrement pédologique et végétal (fig. 11).

a. Silurien et Dévonien inférieur sédimentaires

Situés à l'aval des massifs granitiques, les grès du Silurien et Dévonien inférieur affleurent mal et leur dureté les rend peu aptes à l'altération; ils sont recouverts localement par du matériel volcanique cénozoïque, décrit dans le paragraphe d; le sol développé sur ces formations est de type podzolique et solothique; la végétation forestière est un peu moins développée.

Les sédiments du Silurien et du Dévonien inférieur sont essentiellement composés de grès, plus ou moins grossiers, de siltites et de conglomérats. Les grès sont de type protoquartzite, contenant un peu de feldspath et des fragments de roches; les siltites sont composées de quartz anguleux, d'un peu de micas et de feldspath; les conglomérats sont composés de quartz quartzites, cherts et galets de grès (VAN DEN BERG et al., 1976).

b. Dévonien éruptif

Les massifs granitiques et granodioritiques du Dévonien sont largement développés au large du bassin, dans une zone plus élevée en altitude que le reste du bassin et plus soumise aux précipitations; le recouvrement pédologique est de type podzolique et solothique et la forêt d'eucalyptus est largement développée.

Le massif cristallin de Tynong est essentiellement granitique mais présente de nombreux xénolithes de composition rhyodacitique, à hyperstène (TATHAM, 1975).

En lame mince, on a pu observer d'abondants quartz, souvent à structure micropegmatitique, des feldspaths potassiques auxquels l'altération donne un aspect trouble et laiteux, des perthites et des feldspaths calcosodiques, altérés en séricite ainsi que des biotites et des chlorites.

Le massif de Lysterfield est un pluton granodioritique, à hornblende calcique, associé au Nord à un large épanchement de rhyodacite et rhyolite (massif des Dandenongs) (TATHAM, 1975).

En lame mince on a observé de nombreux feldspaths calcosodiques zonés (An 40-50 %), altérés en séricite et en calcite, quelques feldspaths potassiques et de la biotite en quantité assez importante.

c. Crétacé

Le Crétacé forme les collines du Sud-Est du bassin d'alimentation; il est largement recouvert par des sols de différents types (gley, podsol et soloths); ces terrains sont partiellement boisés (Eucalyptus) mais surtout exploités en pâturage. Le Crétacé affleure de façon assez limitée, mais présente une altérabilité assez grande, en relation avec leur nature lithologique.

Les grès arkosiques contiennent du quartz en abondance, de nombreux feldspaths calcosodiques, (orthoclase, oligoclase), perthitiques, potassiques (microcline) ainsi que de la biotite fortement altérée en chlorite, de la hornblende en faible quantité et des fragments d'andésite; ils sont intercalés de nombreux niveaux argileux. (DOUGLAS et al., 1976)

d. Formations volcaniques du Cénozoïque inférieur

Le matériel volcanique du Paléocène-Eocène affleure largement à l'Ouest de la baie; il est développé dans la zone A où il recouvre le matériel siluro-dévonien et localement le Crétacé. Son recouvrement pédologique est de type krasnozém, (fig. 11), assez développé et le matériel volcanique est lui-même sensible à l'altération en raison de sa nature pétrographique.

Il est constitué d'une association de basaltes à néphéline (à phénocristaux d'olivine, de feldspaths et d'augite, et microcristaux de labradorite et d'anorthite), de basalte à iddingsite et de basalte de type hawaite (à phénocristaux de feldspaths, augite, olivite et microcristaux d'oligoclase, andésine et magnétite). (GOSTIN, 1966; TATHAM, 1976)

e. Formations cénozoïques sédimentaires

Seules les formations supérieures du Cénozoïque sont observables à l'affleurement dans la zone A (*Marina cove Sand*, *Baxter Sandstone*); elles recouvrent la formation marneuse de *Sherwood marl* qui n'affleure pas dans le bassin d'alimentation. (ABELE et al., 1976)

L'extension de ces formations est peu importante mais leur nature lithologique les rend sensibles à l'altération; le recouvrement pédologique est peu développé.

La formation de *Marina cove*, d'origine marine, est composée de sables essentiellement quartzeux, contenant une faible quantité de feldspaths et de micas; la formation des grès de *Baxter* contient des quartz et des quartzites ainsi qu'un peu de feldspaths, de biotite; ces formations ont subi à la fin du Cénozoïque une ferruginisation intense, par lessivage (GOSTIN, 1966).

f. Quaternaire

Les rivières de deux zones débouchent dans la plaine quaternaire où les différents types de formations sont, on l'a vu précédemment, le résultat d'épisodes de transgression et régression de la mer (fig. 10).

Les formations fluviatiles du Pleistocène inférieur, développées au pied des collines, à l'Est de la plaine de *Koo-Wee-Rup*, dans la plaine de *Lang lang* et de *Bass* sont composées essentiellement de quartz, de feldspaths et de fragments de roches et intercalées de lentilles argileuses.

Les sables de *Cranbourne* affleurent largement au Nord-Ouest de la baie et à l'Est de la plaine de *Lang lang*; ils proviennent du remaniement par le vent et par l'eau (JENKINS, 1962; MARSDEN, MALLEY, 1975) des formations de *Baxter*. Leur recouvrement pédologique est peu développé et cette formation montre une sensibilité à l'altération et au ruissellement.

Les formations marécageuses récentes sont développées dans la plaine de *Koo-Wee-Rup* et de *Bass* et recouvertes d'un sol de type "gley".

g. Recouvrement pédologique du bassin d'alimentation

La carte de la figure 11 représente les différents types de sols existant dans le bassin d'alimentation de *Western Port*. Elle a été établie dans le cadre de l'étude environnementale de *Western Port* (Anonyme, in SHAPIRO, 1975).

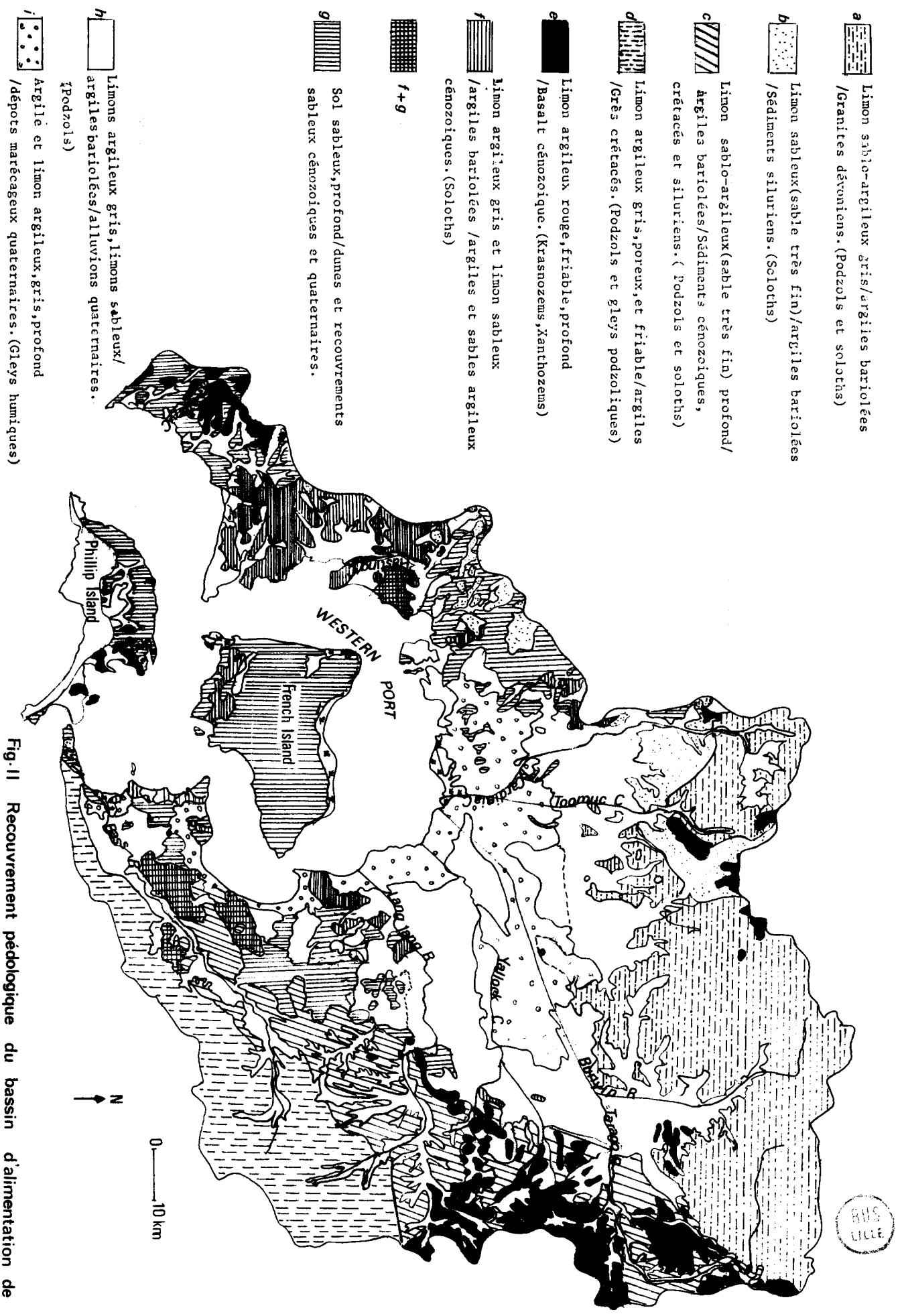


Fig. 11 Recouvrement pédologique du bassin d'alimentation de Western Port. in SHAPIRO (1975)

Le terme de limon employé dans la légende de la carte est la traduction du terme anglais "loam" qui correspond, dans la classification américaine, à un sol non fertile, riche en humus, friable, composé de 7 à 27 % d'argile, 28 à 50 % de silt, et moins de 52 % de sable.

La composition des sols recouvrant le bassin d'alimentation de Western Port oscille entre les différents pôles de ce terme limoneux défini ci-dessus.

Il faut définir d'autre part les différents termes pédologiques utilisés : podzol, soloth et gley qui sont des termes internationaux:

- podzol désigne un sol à humus acide,
- soloth désigne un sol formé en milieu salin, très alcalin,
- gley désigne un sol gris saturé en eau, réducteur (DUCHAUFOUR, 1977).

Krasnozém et Xanthozém (STACE et al., 1968) se réfèrent à la terminologie des sols australiens; ils correspondent à des sols formés sur une roche-mère volcanique et sont respectivement de couleur rouge et jaune.

Les argiles bariolées témoignent de conditions alternativement oxydantes et réductrices.

2. Morphologie de la baie et distribution des sédiments

A. Agents morphologiques

Les agents morphologiques principaux de la baie sont sa situation structurale, la circulation de l'eau et le transport des sédiments.

La situation structurale de la baie lui confère un régime de baie semi-fermée, présentant deux ouvertures vers le large et la position même de *French Island* modifie l'action des courants.

La circulation de l'eau et le transport des sédiments sont régis par l'existence d'un courant de flux et de reflux circulaire autour de *French Island* et *Phillip Island*, légèrement dominant dans le sens des aiguilles d'une montre; la vitesse moyenne de ce courant est de 0,6 à 0,7 m/s (HARRIS, HINWOOD, MARSDEN, STERNBERG, 1979) (fig. 12).

Ce courant est principalement l'effet de la marée; l'action du vent est faible; cependant s'il atteint une certaine vitesse (15 m/s), le vent peut provoquer l'inversion du sens du courant dominant (HINWOOD, JONES, 1979). L'existence d'un courant d'échange avec le large n'est marqué qu'aux deux ouvertures de la baie sur *Bass Strait*.

Les sédiments sont déposés au bord des chenaux et au Nord de la baie, selon un gradient granulométrique décroissant vers la côte. La baie peut être subdivisée en un certain nombre d'unités morphologiques. On décrira ces unités de la terre vers la mer (MARSDEN et MALLETT, 1975). (fig. 13).

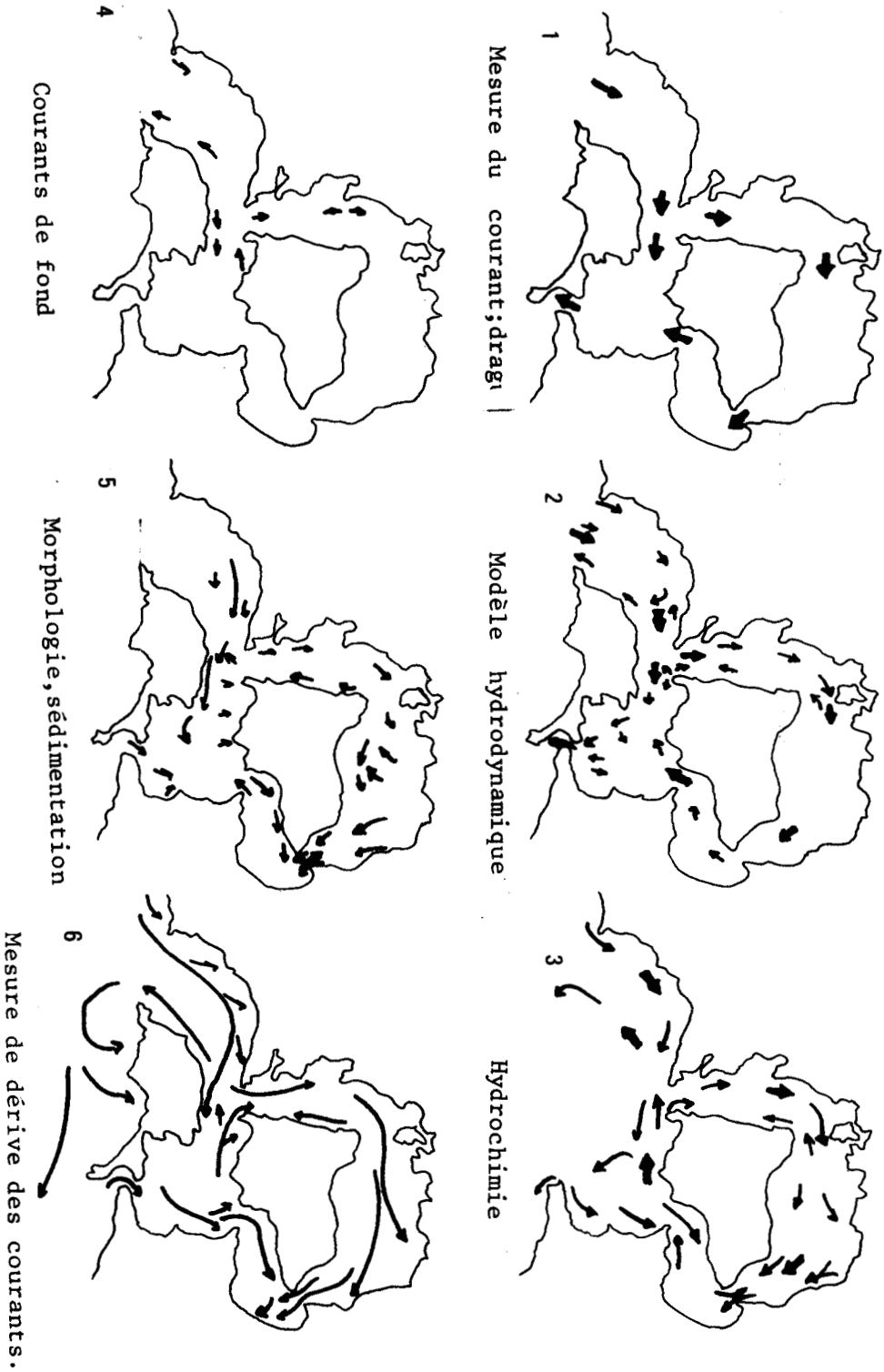


Fig 12 Modèles de circulation des courants dans la baie de Western Port
d'après HINWOOD, JONES¹, 1979; HINWOOD², 1979; HARRIS, ROBINSON³, 1979,
STERNBERG⁴, 1979; MARSDEN et al.⁵, 1979; MARSDEN⁶, 1979 .

B. Zones côtières

Localement on peut observer l'existence de plages, escarpements ou plateformes rocheuses; cependant le type de zone côtière le plus répandu est la zone de marais salé (*salt marsh*), inondé uniquement en marée d'équinoxe. Le dépôt de sédiments est faible, la végétation typique (*Salicornia*, *Atriplex paludosa* etc ...). Le marais salé est limité par une zone étroite à mangroves (*Avicenia marina*) marquant avec précision le niveau des hautes eaux. Le type très particulier de végétation que constitue les mangroves permet le filtrage des sédiments et de l'eau vers l'intérieur ou de la côte de la mer.

C. Zone sableuse marginale ("Inshore marginal sandy zone")

C'est une zone étroite en pente douce, irrégulière; elle est immergée à marée haute. La végétation y est faible, la sédimentation est sableuse, résultant essentiellement du transport longitudinal des sédiments.

D. Zones immergées partiellement ou totalement

a) Platiers (*tidal flats*)

Les platiers sont, comme leur nom l'indique, de vastes zones plates ou de pente pratiquement nulle, émergées à marée basse. Ils sont extensivement développés dans le bras Nord-Est de la baie.

La sédimentation y est essentiellement argileuse. La végétation herbeuse est dense (*Zostera muelleri*, *Heterozostera tasmanica*, *Amphibolis antarctica*). Les marées sont un facteur important de la sédimentation dans ces zones. (fig.14).

Remarque : Absence de végétation sur certains platiers

Dans le Nord-Ouest de la baie, on note l'absence de végétation dans une zone à l'embouchure des rivières de Cardinia, Bunyip, Yallock et Lang lang.

HARRIS, HINWOOD, MARSDEN, STERNBERG (1979) suggèrent que la disparition de cette végétation soit liée à un apport plus important de matériel grossier et fin par les rivières, à la suite de leur drainage artificiel.

b) Chenaux

Les platiers sont parcourus par un réseau de chenaux de forme variable qui sont immergés en permanence; ils présentent une sédimentation sableuse à graveleuse. Ces chenaux débutent en général par un réseau

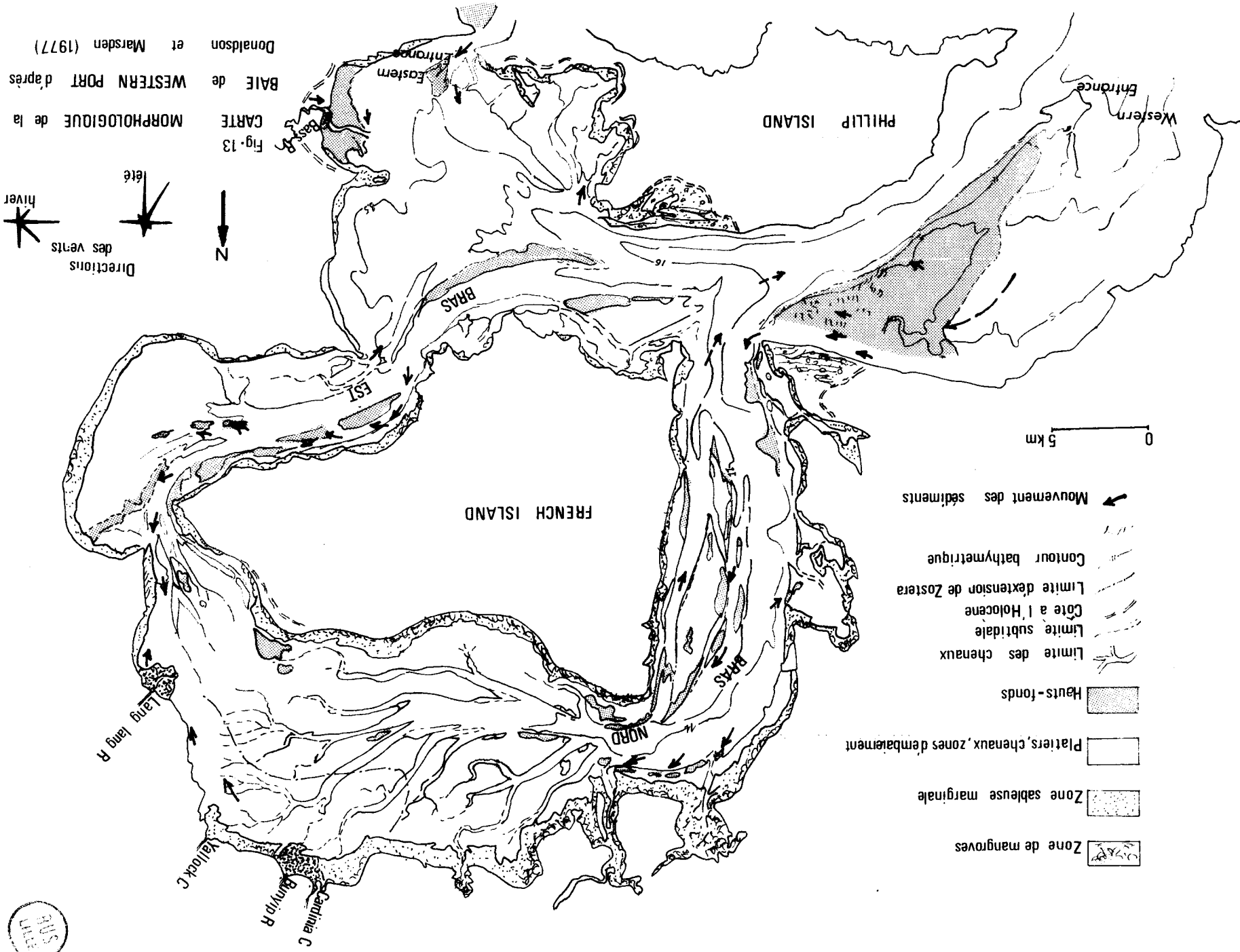


Fig. 13
 MORPHOLOGIQUE de la
 BAIE de WESTERN PORT d'après
 Donaldson et Marsden (1977)



0 5 km

- Zone de mangroves
- Zone sableuse marginale
- Platiers, chenaux, zones d'embaïement
- Hauts-fonds
- Limite des chenaux
- Côte à l'Holocène
- Limite subtidale
- Limite d'extension de Zostera
- Contour bathymétrique
- Mouvement des sédiments



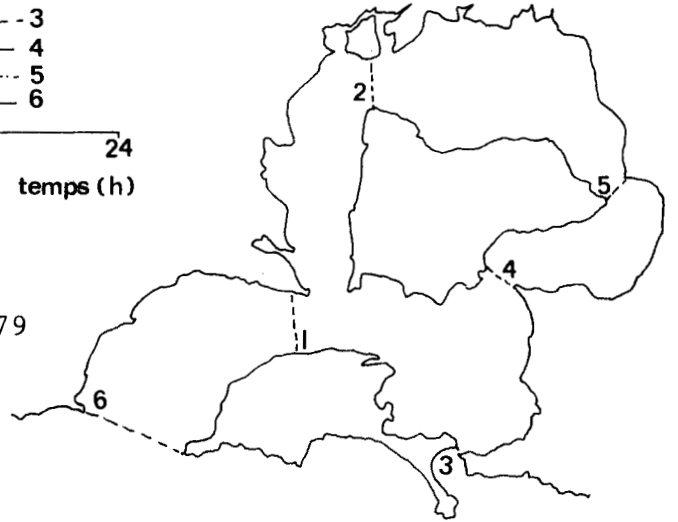
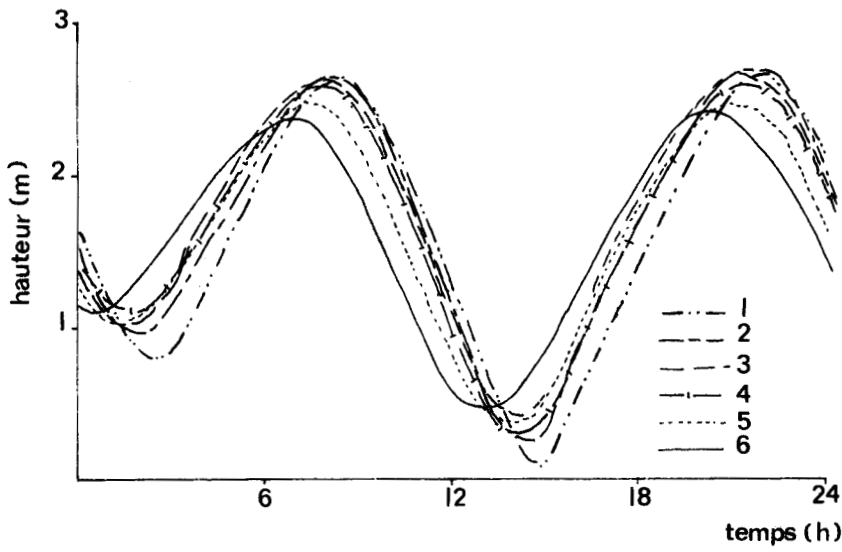


Fig 14 Enregistrement type du niveau de la marée. D'après HINWOOD, JONES, 1979

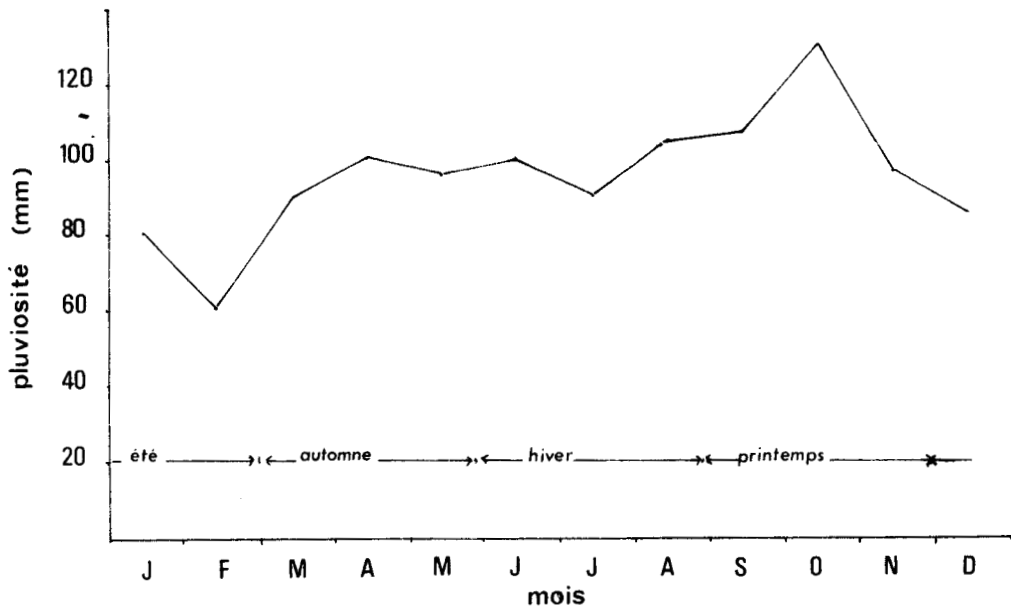


Fig 15 Pluviosité moyenne mensuelle (Nord Est du bassin d'alimentation). D'après MARSDEN et al., 1979.

méandrineux et dendritique, et se rejoignent progressivement au détriment des platiers pour former un seul chenal profond et allongé.

c) Zones d'embaïement - Zones de Haut-fond

Ces zones sont immergées en permanence ; les plaines d'embaïement descendent d'abord en pente douce vers le large pour se terminer par un talus abrupt, bordant un chenal important. Elles sont créées par une topographie préexistante de la rive et par leur position structurale.

Les hauts-fonds sont des zones sableuses, mobiles, pauvres en végétation, créées par des courants de haute énergie.

3. Climat

On a vu précédemment que la morphologie actuelle du système de drainage du bassin d'alimentation de *Western Port* résultait des dernières variations du niveau de la mer, associées aux phénomènes glaciaires, périglaciaires et tectoniques du Quaternaire.

Le climat actuel régnant sur la région de Melbourne et de *Western Port* est de type océanique, pluvieux et de température modérément chaude. Le tableau I, ci-dessous, donne les moyennes mensuelles des précipitations et des températures dans la région de Melbourne.

	ETE			AUTOMNE		
	Déc.	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai
Précipitations mm	55	47	47	54	55	53
Températures °C	18,3	19,7	19,8	18,7	15,2	12,3
	HIVER			PRINTEMPS		
	Juin	Juil.	Aout	Sept.	Oct.	Nov.
Précipitations mm	52	46	45	61	65	56
Températures °C	10,2	9,3	10,6	12,3	14,3	16,3

Tabl. I.- Précipitations et températures moyennes dans la région de Melbourne (d'après A. HUETZ de LEMPS (1969))

Les précipitations annuelles dans le bassin d'alimentation de Western Port varient de 750 à 1200 mm et augmentent avec l'altitude, les précipitations étant maximum en hiver (100mm) et au printemps (130 mm); la température varie en moyenne entre 7°C en juillet et 24°C en janvier, près de la baie (MARSDEN, MALLET, DONALDSON, 1979). (fig.15)

II - MATERIEL D'ETUDE

1. Echantillonnage

Dans une première partie, la distribution des échantillons est décrite. Les méthodes utilisées au cours de cette étude sont ensuite exposées.

Deux campagnes de prélèvements ont été effectuées dans les rivières et dans la baie. Une centaine d'échantillons a été collectée de façon à représenter l'ensemble du bassin d'alimentation de Western Port.

Néanmoins, les cours d'eau drainant la région de *Mornington Peninsula* ont un trajet très limité et leur contribution à la sédimentation dans la baie est localisée et de faible amplitude.

On a surtout étudié les échantillons provenant des rivières alimentant la partie Est de la baie et ceux provenant de cette partie de la baie, le système de drainage étant plus développée dans cette région et la contribution des rivières à la baie plus importante.

A) Echantillonnage dans les rivières

a. Choix des stations d'échantillonnage; méthodes d'échantillonnage

Le choix des rivières à échantillonner a été fait dans le but d'obtenir une représentation des différents types d'environnement géologique. Chacune des rivières a été échantillonnée de l'amont vers l'aval, en fonction des différents affleurements géologiques qu'elle traverse, ou des éventuels aménagements effectués par l'homme sur son parcours (barrages, réservoirs d'eau, aqueducs, drains); un échantillon a été prélevé dans ces rivières, au niveau où l'influence de la marée devient plus importante et à son débouché immédiat dans la baie.

Ces échantillons sont des échantillons de fond, représentatifs de la limite eau-sédiments.

Ils ont été prélevés, soit à la drague à mâchoire (type Van Veen), qui ramasse les trois centimètres superficiels des sédiments, soit à la main en fonction de la facilité d'accès à la rivière, de la configuration de ses rives et de sa végétation. Il faut noter que quelque soit le mode de prélèvement, il existe une certaine perte en matériel très fin, remis en suspension par la turbulence créée par la main ou la drague; la perte est cependant plus importante avec la drague, lors de la remontée de celle-ci, et on a préféré, chaque fois où cela a été possible, le prélèvement à la main.

Les échantillons ont été prélevés en hiver et au printemps, dans les rivières, c'est-à-dire en Juillet-Août-Septembre, en période de hautes eaux, et en été (Janvier) dans la baie.

0,5 à 1 kg de sédiments ont été prélevés, si possible en choisissant la zone la plus argileuse du lit de la rivière et en ne prélevant que la pellicule superficielle des sédiments.

b) Distribution des échantillons dans les rivières

On a regroupé les rivières étudiées en différentes zones, en fonction de leur environnement géologique. Les figures 16 et 17 représentent les profils d'équilibre de ces rivières.

b1) Zone A : Crétacé, Cénozoïque et Quaternaire (fig. 16)

Bass River, *Lang Lang River* et *Vallock Creek* s'écoulent des collines crétacées, longent ou traversent une étroite bande de matériel sédimentaire cénozoïque, affleurant à la faveur d'un jeu de failles subverticales. Localement, on note la présence de matériel cénozoïque volcanique.

Vallock Creek est alimenté à mi-course par un affluent (*King Parrot Creek*) provenant des affleurements siluro-dévonien largement recouverts par du matériel volcanique cénozoïque.

Ces trois rivières débouchent dans la plaine quaternaire.

b11) *Bass River*

Bass River s'écoule doucement, en méandres peu marqués, vers l'Ouest à travers les collines crétacées (échantillons 6 et 7), avant

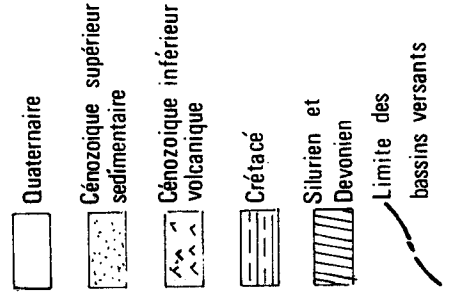
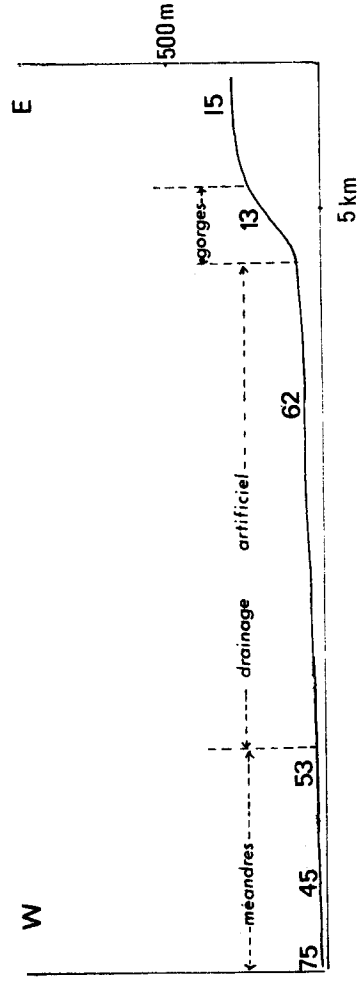
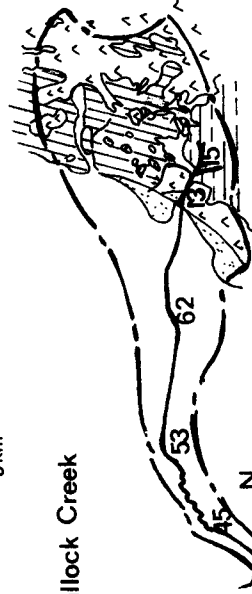
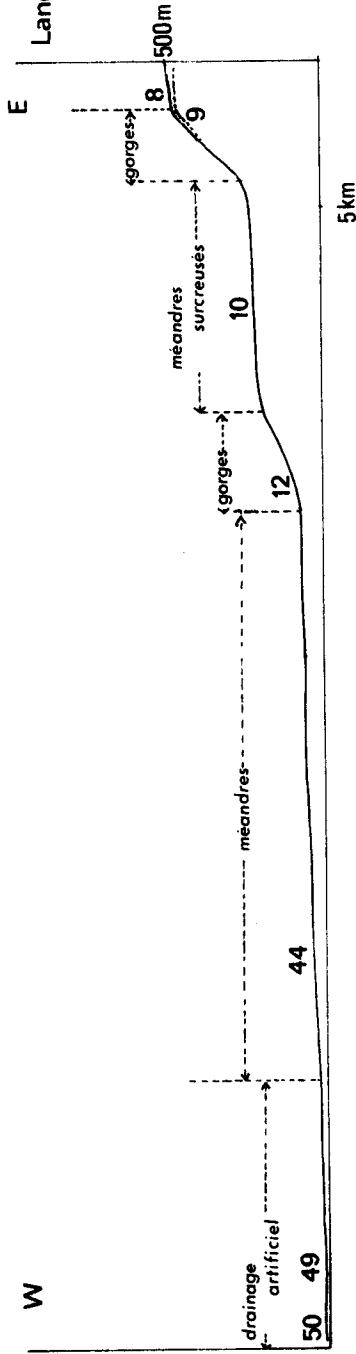
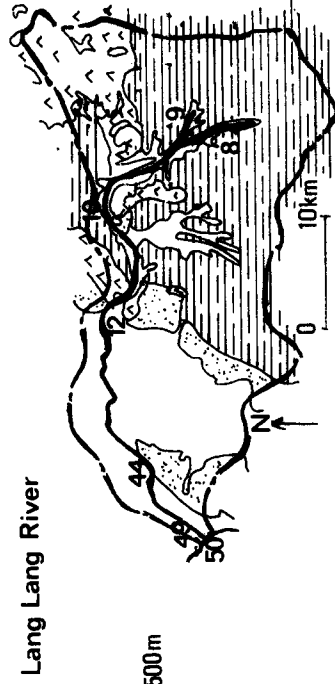
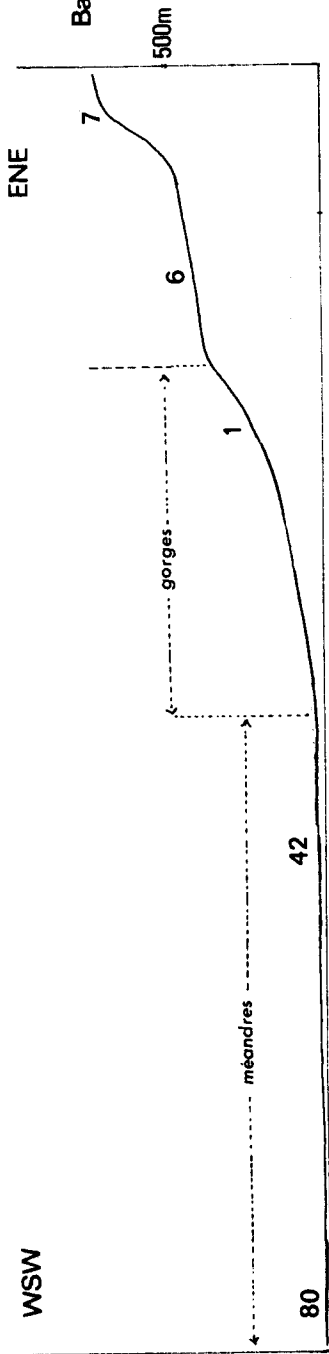
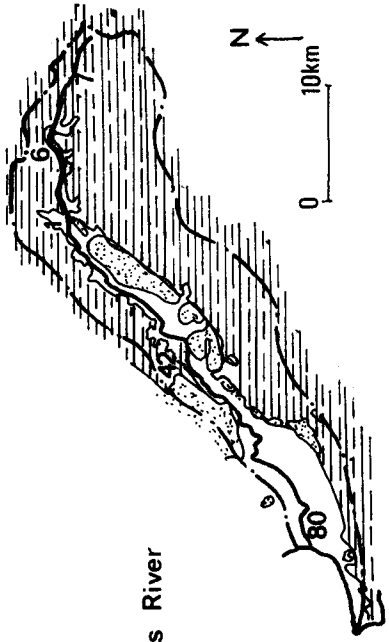


Fig 16 Profils d'équilibre des rivières de la zone A et géologie de leurs bassins versants

de s'enfoncer dans une vallée, longeant à la faveur d'une faille subverticale, un affleurement de matériel sédimentaire cénozoïque (échantillon 1). En atteignant la plaine quaternaire (échantillon 42), son trajet se ralentit à nouveau et elle rejoint la baie en faisant de larges méandres (échantillons 82, 81 et 80); les fluctuations quaternaires du niveau de la mer ont fait varier la position de ces méandres et a permis la formation de terrasses alluviales.

b12) *Lang Lang river*

Lang Lang river débute plus bas topographiquement, dans le Crétacé, (échantillon 8) et descend assez rapidement vers l'Ouest; certains de ses affleurements montrent un cours plus torrentiel (échantillon 9).

Elle traverse, encaissée dans une petite gorge, une étroite bande de roches volcaniques et sédimentaires cénozoïques (échantillons 10, 11 et 12). Elle atteint la plaine quaternaire et s'écoule doucement, en formant des méandres, vers la baie. Elle longe un dernier affleurement de sédiments cénozoïques (échantillon 44) avant de rejoindre la baie (échantillons 49, 48 et 50). Elle est **alors artificiellement drainée.**

b13) *Vallock Creek*

Vallock Creek coule pendant très peu de temps dans le Crétacé (échantillon 15); elle traverse une bande de roches basaltiques cénozoïques, longe un affleurement de sédiments cénozoïques, puis rejoint la plaine quaternaire où elle suit son cours naturel jusqu'à la ville de Modella (échantillon 62). Elle est alors artificiellement drainée sur une dizaine de kilomètres, jusqu'à Bayles (échantillon 53) où elle reçoit une partie des eaux dérivées de *Bunyip River*. Elle reprend ensuite partiellement son cours naturel (échantillons 45 et 75).

b2) Zone B : Paléozoïque igné et sédimentaire (fig. 17)

Bunyip River, son affluent *Tarago River* et *Cardinia Creek* débutent dans des massifs cristallins, traversent ensuite un affleurement plus ou moins important de Paléozoïque sédimentaire et de Cénozoïque volcanique avant de converger vers la large plaine quaternaire de *Koo-Wee-Rup*.

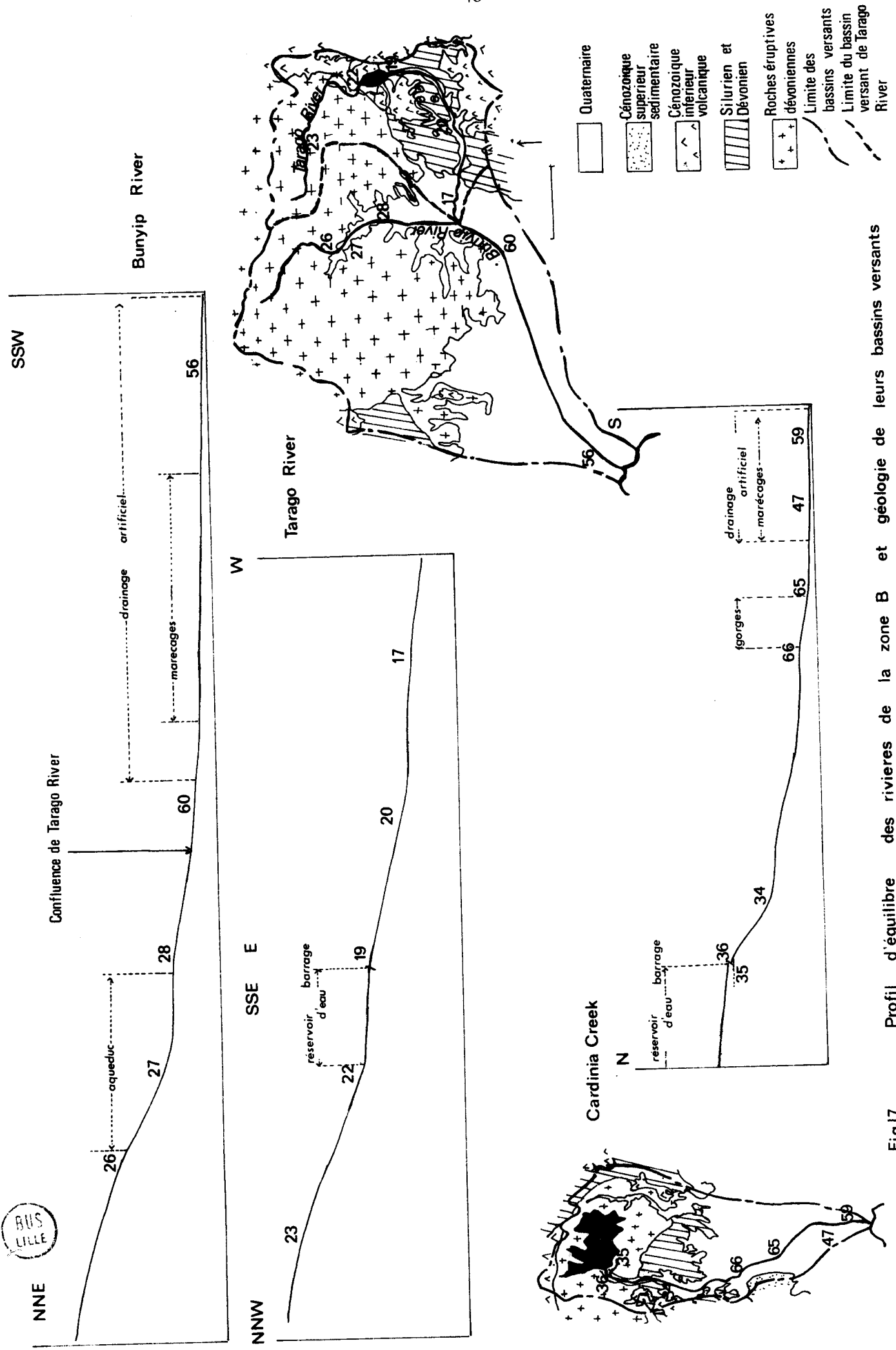


Fig 17 Profil d'équilibre des rivières de la zone B et géologie de leurs bassins versants

BUS LILLE

b21) *Bunyip River et Tarago River*

Bunyip River prend sa source dans le massif granitique dévonien de Tynong; elle suit un cours rapide et torrentiel; à une dizaine de kilomètres de sa source (échantillon 26), ses eaux sont détournées dans un aqueduc pour alimenter en eau la zone urbaine de Frankston (échantillon 27). Après 5 km d'aqueduc, une partie des eaux reprend le cours naturel de la rivière (échantillon 28) et s'écoule vers la plaine quaternaire. L'échantillon 24 a été prélevé dans un petit affluent de la rivière *Ryson Creek*, dans le massif granitique, au sud de la partie canalisée en aqueduc.

A la hauteur de la ville de Bunyip, la rivière est alimentée par l'affluent *Tarago River* (échantillons 60 et 61) et ensuite drainée (échantillon 55) jusqu'à Koo-Wee Rup (échantillon 46); elle reprend partiellement son cours naturel jusqu'à la baie (échantillon 57).

Tarago River débute de même dans le massif granitique de Tynong, plus à l'Est (échantillon 23). A une quinzaine de kilomètres de sa source, elle est aménagée en un lac artificiel. L'échantillon 22 a été prélevé à l'amont de ce réservoir et l'échantillon 19 à l'aval. Elle quitte alors le massif granitique et traverse les affleurements paléozoïques et cénozoïques (échantillons 20 et 17) sur une vingtaine de kilomètres avant de se jeter dans *Bunyip River*.

b22) *Cardinia Creek*

Cardinia Creek prend sa source dans le massif granodioritique dévonien de Lysterfield. Très vite après sa source, ses eaux et celles de ses affluents sont rassemblées en un immense lac de barrage qui alimente partiellement en eau la ville de Melbourne.

L'échantillon 36 a été pris à l'aval du barrage et l'échantillon 35 dans un petit affluent de *Cardinia Creek* au Sud du barrage.

La rivière traverse ensuite les affleurements siluro-dévonien (échantillon 34) avant de rejoindre la plaine quaternaire (échantillon 66). Elle entaille par une gorge peu profonde le matériel cénozoïque (échantillon 65). A la hauteur de Dalmore, elle est alimentée par *Toomuc Creek* (échantillon 47) et est ensuite drainée artificiellement jusqu'à son débouché dans la baie (échantillons 58 et 59).

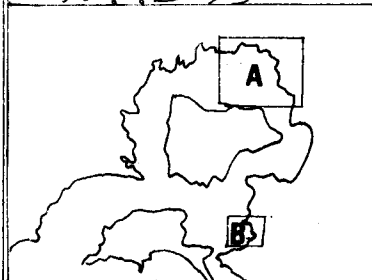
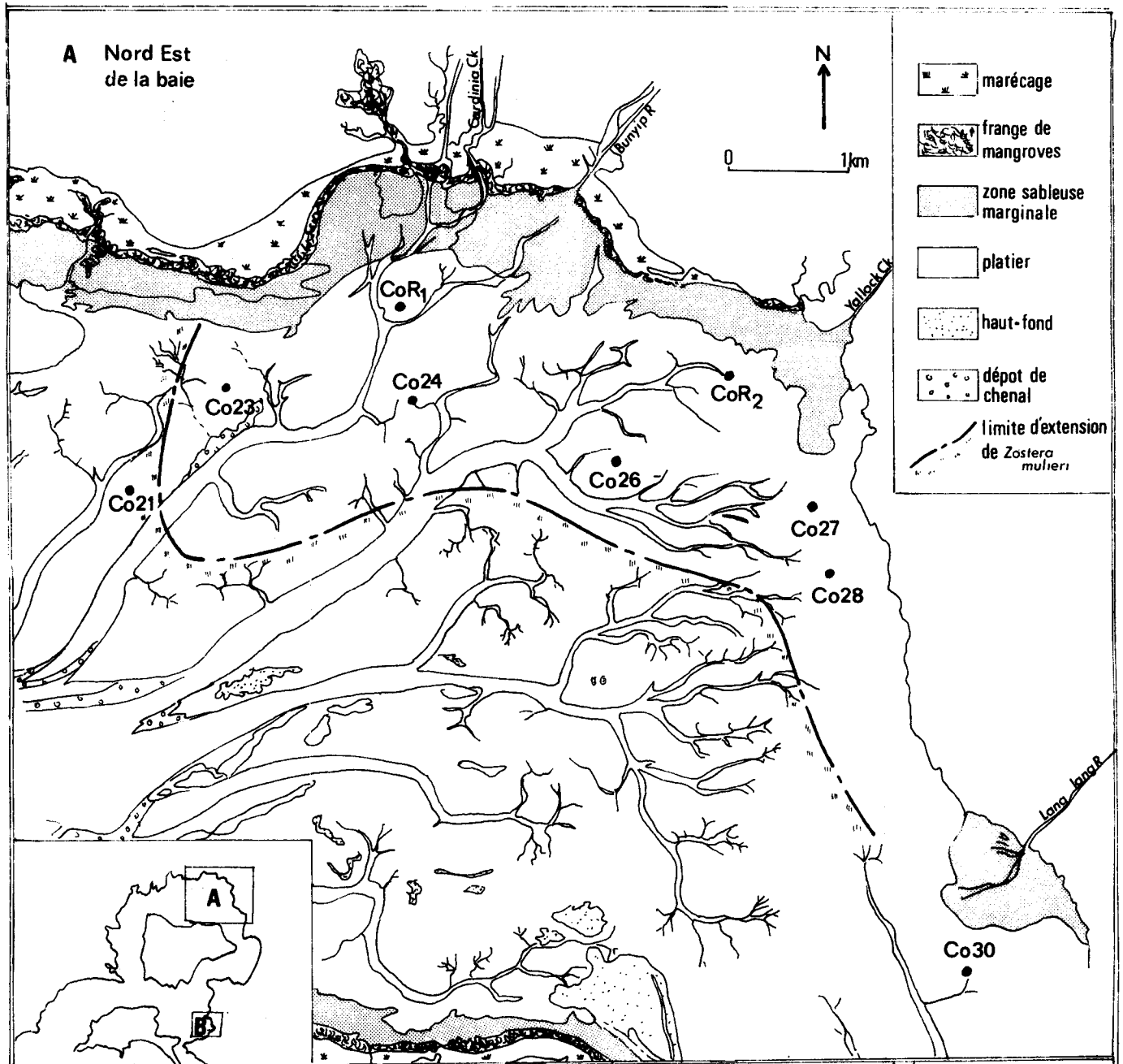
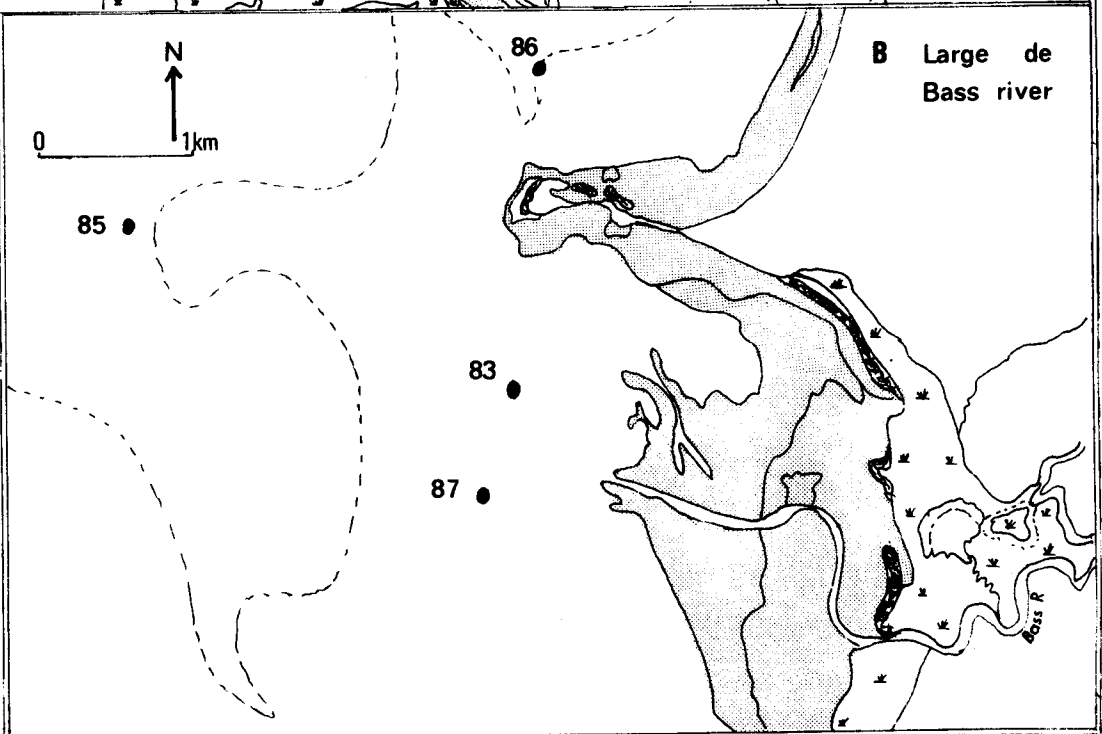


Fig 18

Distribution des échantillons dans la baie.

Carte morphologique établie par Marsden et Mallet (1975)



BUS LILLE

B . Echantillonnage dans la baie

L'échantillonnage effectué dans la baie est le début d'un plus vaste programme de carottage systématique entrepris par WILK (1977) afin d'en établir avec précision l'histoire stratigraphique. DONALDSON et MARSDEN (1977) donnent parallèlement un aperçu de la minéralogie des sédiments de fonds dans l'ensemble de la baie.

Outre les échantillons prélevés aux embouchures de chaque rivière, on a sélectionné deux zones dans la baie : au large de l'embouchure de *Bass River*, au Sud Est de la baie, zone où la morphologie et la distribution des sédiments de fond est déjà bien connue (MARSDEN, MALLET (1975) et la zone située au Nord-Nord-Est de la baie, où la végétation herbeuse a disparu.

a) Zone Nord-Est de la baie

La zone de prélèvement est située dans le bras Nord de *Western Port* et plus particulièrement dans la partie où la graminée aquatique *Zostera muelleri* a disparu.

Une dizaine de carottages ont été effectués avec un carotteur par gravité, lancé d'une plate-forme de type catamaran; la localisation précise des stations de carottage est faite par le radar du bateau principal. Cette campagne a pu être réalisée grâce à l'aide du *Marine Study Group*, des *Fisheries and Wildlife* de Victoria et plus particulièrement grâce à l'équipage du M.V. "*Capitella*".

Les carottes Co21, Co23, CoRi, Co24, Co26, CoR2, Co27, Co28, Co30, ont été prélevées aux emplacements notés sur la carte (fig. 18 A).

On observe sur ces carottes une alternance de sédiments de platiers avec un ou plusieurs niveaux coquillers; l'une des carottes présente un niveau inférieur de sédiment de type marécageux. Elles témoignent de la variation latérale des différentes zones et des variations récentes du niveau de la mer (WILK, 1977).

Les trois centimètres supérieurs de ces carottes ont été analysés.

b) Au large de Bass River (fig. 18 B)

Les échantillons au large de l'embouchure de *Bass River* ont été prélevés à la drague à mâchoire (Van Veen), à partir d'une simple barque. Les échantillons 83, 84, 85 et 86 ont été pris aux emplacements où les sédiments sont composés de plus de 50 % de fraction boueuse (MARSDEN, MALLET, 1975); l'échantillon 83 est nettement plus sableux et témoigne

d'un léger déplacement des différentes zones décrites par ces auteurs.

2. Laboratoire

A) Sélection des échantillons

L'étude minéralogique et géochimique des sédiments actuels du bassin d'alimentation de *Western Port* est un sujet très large, en raison de la dimension du terrain et des nombreuses méthodes envisageables pour mener cette étude à bien.

Le premier but de ce travail était une analyse détaillée de la minéralogie de la fraction argileuse de l'ensemble des échantillons, accompagnée d'une analyse géochimique, afin de définir l'évolution des sédiments actuels dans les rivières et dans la baie.

Cependant, les analyses minéralogiques des argiles effectuées au Département de Géologie de l'Université de Melbourne n'ont pas donné de résultats satisfaisants en raison d'une préparation imparfaite des plaquettes pour la diffraction et d'un ajustement du diffractogramme non adapté à l'analyse des argiles. Celles effectuées à Adélaïde (CSIRO*, *Division of Soil*) sont justes mais partielles; elles n'ont été faites qu'à l'état glycerolé, sur plaquettes non orientées. Ce type de diffractogramme est suffisant pour une analyse de routine, mais ne l'est pas dans le cadre de cette étude.

Une partie des analyses en diffraction aux rayons X ont pu être refaites au Laboratoire de Géologie Marine de l'Université de Marseille-Luminy. Cependant pour des raisons pratiques de temps et de matériel, il a fallu limiter le nombre des échantillons.

On a donc orienté la recherche vers une étude plus complète de ces échantillons : outre l'analyse de la fraction fine, l'étude de la fraction grossière (supérieure à 62,5 μ) a été développée (analyse exoscopique des quartz, mesure de la thermoluminescence naturelle).

En vue de réaliser l'analyse minéralogique des argiles, on a sélectionné une quarantaine d'échantillons, de façon à représenter l'ensemble des rivières et les zones de la baie situées au large de celles-ci.

* CSIRO = *Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation*

On a étudié la fraction grossière d'un nombre plus réduit d'échantillons, choisis principalement dans *Cardinia Creek*, et de façon plus dispersée, dans les autres rivières afin de représenter les différentes zones d'alimentation.

Parallèlement à l'analyse minéralogique, on a effectué une analyse géochimique de la fraction fine pour l'ensemble des échantillons collectés et des fractions grossières (supérieures à 62,5 μ) et intermédiaires (comprises entre 62,5 μ et 37 μ) pour un plus petit nombre d'échantillons.

B) Préparation des échantillons

Pour l'analyse pétrographique les échantillons sont nettoyés à l'eau oxygénée puis dispersés dans le calgon (hexamétaphosphate de soude); les différentes fractions sont ensuite isolées par tamisage ou sédimentation.

On a évité, dans la mesure du possible, les traitements chimiques lors de la séparation des différentes fractions pour l'analyse géochimique; cependant, certains échantillons, provenant de la baie, et des zones d'influence de la marée dans les rivières, ont présenté une forte tendance à flocculer et il a fallu les disperser au calgon; ils ont ensuite été soigneusement rincés, par centrifugation pour la fraction fine.

Remarque: Le traitement informatique des données pétrographiques et géochimiques a été envisagé. Une étude de la corrélation entre les diverses variables a été tentée, à l'aide d'une analyse factorielle des correspondances (Benzécri, 1973). L'analyse a été conduite sur l'ensemble des données, puis sur des groupes plus restreints. Cependant, le nombre limité d'échantillons et la dispersion de leurs origines n'a pas permis d'interpréter les résultats de cette étude.

CONCLUSION

Ce chapitre a permis de définir le cadre géologique et morphologique dans lequel se situe le milieu considéré; il met en évidence la complexité de celui-ci.

Par l'étude pétrographique et géochimique décrite dans les chapitres ci-après, on a tenté de préciser l'influence respective des différentes formations rencontrées et des facteurs morphologiques, biologiques et climatiques sur la nature des sédiments, en cherchant à établir un bilan de l'alluvionnement dans le bassin d'alimentation et la baie de *Western Port*.

CHAPITRE 3

Etude pétrographique

CHAPITRE III - ETUDE PETROGRAPHIQUE

L'étude pétrographique repose principalement sur une analyse minéralogique en diffraction aux rayons X de la fraction argileuse, qui permet de définir la nature des sédiments et leurs variations, de l'amont vers l'aval des rivières, et à leur arrivée dans la baie; cette analyse tente de préciser la contribution respective des différentes formations drainées par les rivières et les facteurs principaux qui régissent la composition des mélanges argileux.

A cette analyse s'ajoutent quelques compléments relatifs à la fraction grossière et plus particulièrement au quartz, celui-ci représentant la phase minéralogique la plus constante de cette fraction.

I - ANALYSE MINERALOGIQUE DE LA FRACTION ARGILEUSE

1. Méthodologie

A. Principe

L'utilisation de la diffraction aux rayons pour la reconnaissance des minéraux argileux est une méthode largement exploitée et le principe en a été décrit par de nombreux auteurs : GRIM (1963), BROWN (1961), CAILLIERE et HENIN (1963), CARROLL (1970), THOREZ (1971) etc...

On rappelle qu'il utilise la propriété de diffraction d'un faisceau monochromatique de rayons X par les plans de plus grande densité réticulaire des argiles selon la relation de BRAGG : $n\lambda = 2 d \sin\theta$

B. Appareillage

L'appareillage utilisé au Laboratoire de Géologie marine de l'Université de Marseille-Luminy comporte les éléments suivants :

- un générateur de rayons X, de modèle CGR THETA 60,
- un tube cathodique à fil de tungstène et anticathode de cuivre (K Cu = 1,450 Å),
- un monochromateur à lame courbe, permettant la focalisation du faisceau de rayons X,
- un goniomètre à rotation horizontale,
- un passeur automatique d'échantillons,
- un système d'enregistrement composé d'un compteur de photons (en coups par minute) et un enregistreur sur papier.

C. Préparation des échantillons

Comme on l'a vu précédemment, la fraction inférieure à 2μ a été séparée des échantillons après défloculation, par procédé physique; les échantillons n'ont pas été décalcifiés, en raison de leur faible teneur en matériel calcique.

Les agrégats orientés préparés à partir de ces prélèvements ont ensuite été passés en diffraction, dans trois états différents : à l'état naturel, après glycolation, après chauffage à 490°C .

Les méthodes de préparation sont décrites par CHAMLEY (1966).

D. Principes de dépeuillement des diffractogrammes

Les argiles en présence sont essentiellement caractérisées par leur pic de réflexion basale 001, dont la forme et l'intensité permettent d'évaluer les proportions relatives des minéraux considérés. (fig.19).

a) nature des argiles

L'interprétation des diffractogrammes aux rayons X est expliqué par BROWN (1961), LUCAS, CAMEZ, MILLOT (1949), LUCAS (1962), CAILLÈRE et HENIN (1963).

La kaolinite est caractérisée par un pic de diffraction aux environs de 7 \AA , disparaissant après le chauffage, l'illite par un pic aux environs de 10 \AA qui ne varie pas; la smectite, la vermiculite et la chlorite présentent un pic à 14 \AA à l'état normal; les différents traitements permettent de les différencier : au glycolage, la smectite se déplace vers 18 \AA , les deux autres types d'argiles se maintiennent à 14 \AA ; au chauffage, smectite et vermiculite se déplacent vers 10 \AA , tandis que le pic de la chlorite ne varie pas.

Les interstratifiés présents dans les mélanges étudiés sont des interstratifiés irréguliers; ils ne présentent pas de pics de diffraction nets mais provoquent un épaulement des pics des composants argileux simples. Selon la position de ces épaulements, on définit les types de feuillets qui les composent; les interstratifiés sont désignés selon la nomenclature adoptée par LUCAS (1962).

Echantillon	Provenance	Composition minéralogique											Remarques			
		C	I	(10-14)	(14-14)	V	S	K	Q	F	divers					
		%	% X	% X	% X	% X	% X	% X	% X	% X	% X	% X				
BASS R.	7	Amont de la rivière (Crétacé)	t	t +	t s, v	l s, v	-	17	+++	2	+++	..				
	6	amont	-	l +	t s, v	t s, v	-	17	++	2	++	..		glycolage médiocre		
	1	Passage dans Cénozoïque	-	l +	t s, v	t s, v	-	18	++	1	++					
	42	Arrivée dans la plaine quaternaire	-	6	+++	-	-	10	++	4	+++			échant. pauvre en argile		
	80	Débouché dans la baie	-	2	+	l s, v	2 s, v	-	13		2	++	.	.	échant. assez pauvre en argile	
LANG LANG R.	9	Amont de la rivière (Crétacé)	-	2	+	l s, v	2 s, v	-	13	+	2	++		échant. pauvre en argile		
	10	Amont (Crétacé) méandres	-	2	+	l s, v	2 s, v	-	13	++	2	+	...	..
	44	Quaternaire Prox. Sed. Cénoz.	-	l	+	l v, s	t s, v	-	15	++	3	++	..	.	mh	
	50	Débouché dans la baie	-	l		t s, v	l s	-	13	+	5	+++	..	.	mh	
YALLOCK C.	13	Amont Cénozoïque volcanique	-	-	-	t s	-	18	+++	2	+	.	.			
	62	Plaine quatern. amont drain artific.	-	t		t s	l s, v	-	9	+	10	++	..	.	mh	
	53	Plaine quatern. aval drain artific.	-	l		t s	l s, v	-	10	++	8	++	..	.	mh	
BUNYIP R.	24	Amont Massif granitique Tynong	-	.	-	-	-	..	..					échant. très pauvre en argile	
	27	Amont dans aqueduc (granite Tynong)	t	l +	l v, s	l v, s	t ++	-	17	+++	..	.		plaquette chauffée médiocre		
	28	Plaine quatern. aval aqueduc	-	.	.	.	.		...	.	.			échant. très pauvre en argile	
	56	Plaine quatern.	-	l	+	l v, s	3 v, s	3 +		12	++	..	.	mh		
TARAGO R.	22	Tynong amont réservoir Tarago	-	3	++	t s	t s, v	2 ++	4	+	11	++	.	.	plaquette chauffée médiocre	
	20	Aval réservoir	-	3	+++	-	l s	-	15	+++	1	++	..	..
	17	Plaine quatern.	-	4	++	t s	t v, s	2 ++	7	++	7	++	.	.	mh	
CARDINIA C.	35	Affluent Cardinia Granodiorite Lysterfield	-	9	+++	t s	t v, s	2 +	3	+	5	+	.	.	mh	
	36	Aval réservoir dans massif granit.	-	4	+	l	2	3	+	2	+	8	+	.	mh	échant. pauvre en argile
	34	Siluro-Dévonien	-	6	+++	t s	t s	-	5	+	9	++	.	.		
	66	Plaine quatern. prox. Affl. Cénoz. séd.	-	t	+	2 s, v	2 s, v	-	6	+	10	++	.	.	goeth.	
	58	Débouché dans la baie	-	.	.	.	.	-	..	..	.	.	.	.	échant. pauvre en argile
BAIE	Co23	Baie NE, large de Cardinia creek	-	l	+	3 v, s	l v, s	-	5	+	10	++	..	.	plaquette chauffée médiocre	
	Co24	" "	-	l	+	3 v, s	l v, s	t?	7	+	8	++	..	.	mh (t)	" "
	Co26	Baie NE, large de Bunyip	-	l	+	3 v, s	l v, s	-	6	+	9	++	..	.	" "	
	CoR2	Baie NE, large de Yallock	-	l	+	3 s, v	t s	-	7	+	9	++	..	.	mh (t)	" "
	Co27	Baie NE, large de Yallock creek	-	2	+	2 s	t s	-	7	+	9	++	..	.	" "	
	Co28	Baie NE, large de Yallock creek et Lang lang river	-	l	+	3 s, v	t s	-	8	+	8	+++	..	.	" "	
	83	Large Bass R.	-	l	+	2 v, s	2 v, s	-	10	+	5	++	.	.	mh	plaquette glycolée médiocre
	86	Large Bass R.	-	2		2 v, s	2 s, v	-	9	+	5	+	.	.	mh	" "

Tableau II.- Estimation semi-quantitative de la composition minéralogique des argiles

C: chlorite, I : illite, V : vermiculite, S : smectite, K : kaolinite, Q : quartz, F : feldspath
 (10-14): (10_I-14_S) ou (10_I-14_V) l (14-14): (14_C-14_S) ou (14_C-14_V) l

∨: type d'argile auquel le comportement des interstratifiés se rattache

s, v : feuillet secondaire de type smectite dominant mh : métalloysite; goeth : goethite

v, s : " " " vermiculite dominant x : cristallinité ;

+++ , ++ , + : cristallinité bonne, moyenne, médiocre; % : proportion; . , . , . : proportion importante, moyenne, faible.



b) estimation semi-quantitative

De nombreuses méthodes d'estimation semi-quantitative ont été proposées; leur précision reste cependant très relative, en raison de la complexité des mélanges argileux et de la variabilité de l'état cristallin et de la chimie de chacune des argiles d'un mélange à l'autre.

On a utilisé la méthode proposée par LUCAS, CAMEZ, MILLOT (1959); l'intensité relative des pics 001 des différents types d'argile est comparée à celle de l'illite, en tenant compte de la différence de sensibilité des argiles aux rayons X : l'intensité de la kaolinite doit être diminuée de moitié pour être comparée à l'illite (JOHNS, GRIM, BRADLEY, 1959; BROWN, 1961), tandis que la smectite doit être multipliée par un facteur 2 à 4 (BROWN, 1961); (les corrections doivent cependant être ajustées selon la cristallinité des argiles observées); les pics de la vermiculite et de la chlorite peuvent être directement comparés à l'illite.

Les teneurs sont estimées en $1/20^\circ$.

c) remarque

En dépit des précautions prises pour la préparation des échantillons, il n'a pas toujours été possible d'obtenir des plaquettes bien planes pour la diffraction : certains échantillons présentaient une surface gondolée après le glycolage (échantillons 6, 83, 86), ou craquelée après le chauffage (échantillons 27, 22, Co23, Co24, Co26, CoR₂, Co27, Co28); on suppose que cette réaction aux traitements est due à la présence de composés chimiques tels que des oxydes de fer, de silice ou d'alumine, ou de matière organique. Cela a diminué la qualité des diffractogrammes et l'estimation semi-quantitative est peu sûre dans le cas de ces échantillons.

De même, certains échantillons étaient pauvres en argiles (24, 28, 36, 58, 42, 80, 9) et les diagrammes correspondants sont peu précis.

2. Résultats

Le tableau II a été établi selon la méthode décrite précédemment et résume les différentes observations faites sur les diffractogrammes.

A. Signification des différents types d'argiles présents dans les mélanges

On note une assez grande diversité dans la nature et les proportions des différents types d'argiles : les minéraux dominants sont la smectite dans la zone A (70 à 90%), la kaolinite dans la zone B (40

à 70 %); la plupart des échantillons contiennent de l'illite en quantité variable; la présence de vermiculite, en faible quantité, est très localisée, dans la zone B tandis que la chlorite n'est présente, en trace, que dans 2 échantillons (échantillons 1 et 27); les interstratifiés sont présents en trace ou en faible quantité dans la plupart des échantillons, plus abondants à l'aval des rivières et dans la baie; les mélanges d'interstratifiés de type (10_I-14_S) dominants et $14_C-14_S)$ dominants sont plus fréquents que ceux du type (10_I-14_V) dominants et (14_C-14_V) dominants, limités à la zone B (fig. 20)

a) Kaolinite
.....

La kaolinite est présente dans l'ensemble des échantillons; elle est souvent le minéral dominant dans les échantillons provenant de la zone B; elle est généralement bien cristallisée; on note cependant à l'aval et dans la baie la présence de kaolinite moins bien cristallisée, accompagnée de métahalloysite.

La présence de kaolinite témoigne d'une pédogénèse antérieure des sédiments, dans un milieu acide et lessivant (MILLOT, 1964), favorisée par un climat chaud et humide. Cette pédogénèse est nette en amont des rivières de la zone B, moins forte en aval et dans la zone A.

b) Illite
.....

Ce minéral est présent en quantité variable dans les différents échantillons. Il est plus abondant dans les rivières de la zone B, en amont et est alors bien recristallisé; à l'aval de ces mêmes rivières et dans la zone A, le pic 001 de l'illite est large et peu net; cette différence de cristallinité dans les échantillons est mise en évidence par le calcul de l'indice de KUBLER (1968) (fig. 21).

L'illite résulte d'une altération modérée des micas (MILLOT, 1964; DUNOYER DE SEGONZAC, TARDY, MILLOT, 1970). Dans le cas des échantillons de l'amont de la zone B, cette altération est très ménagée tandis que dans les autres échantillons, la dégradation est plus poussée.

c) Vermiculite
.....

Ce minéral est absent de la plupart des échantillons; on ne le rencontre que dans les régions granitiques, associé à l'illite bien cristallisée et en faible quantité.

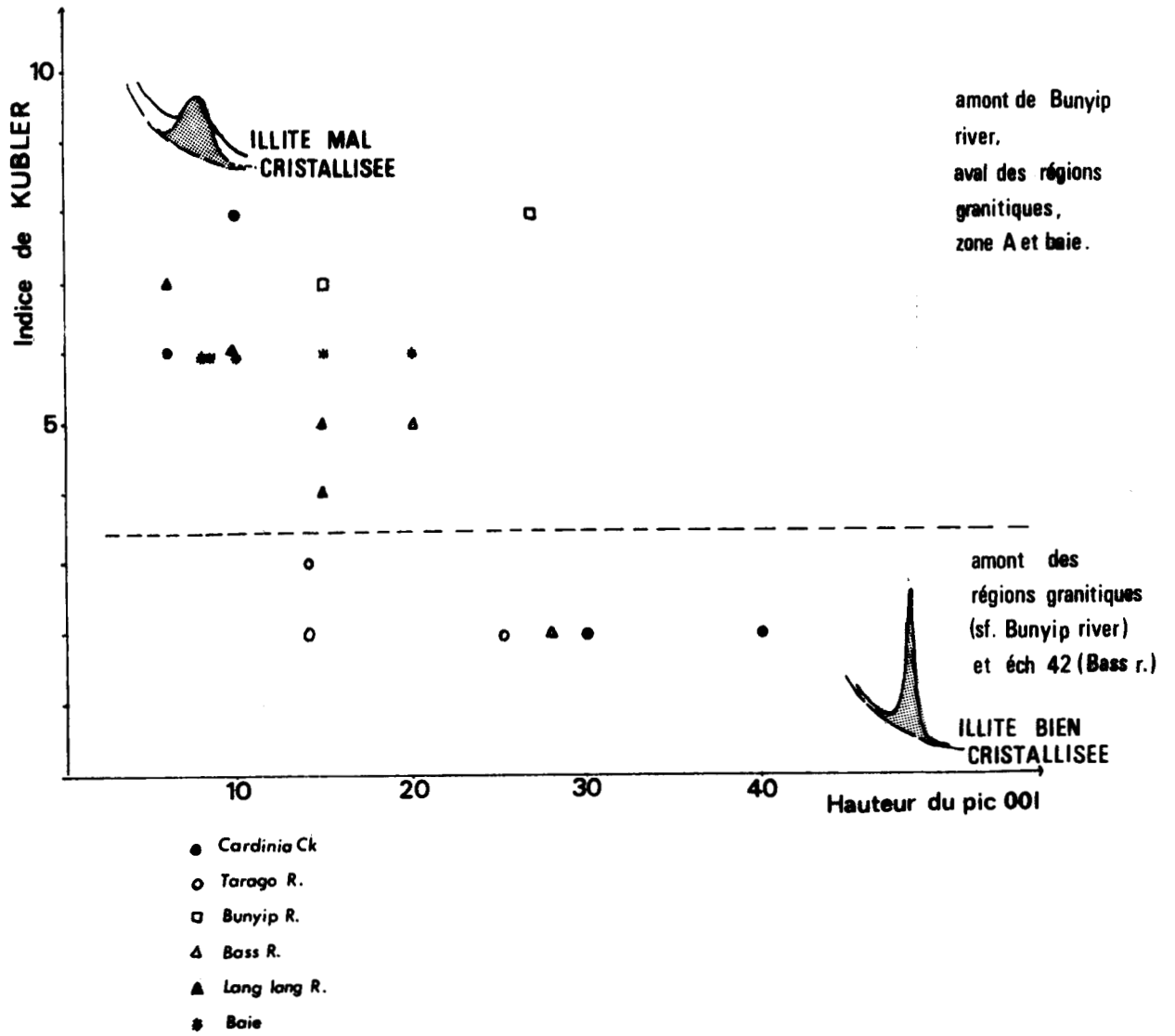


Fig.21 Indice de Kubler, en fonction de la hauteur du pic 001



La vermiculite est souvent le résultat de l'altération modérée de la biotite et de la chlorite et se situe généralement à la base des profils d'altération.

d) smectite
.....

La smectite est le minéral argileux dominant des échantillons de la zone A; elle est souvent relativement abondante dans l'ensemble des autres échantillons. Elle est souvent le résultat de l'altération de matériel volcanique ou basique; elle est aussi susceptible de se former aux dépens d'autres minéraux phylliteux, si le milieu est suffisamment alcalin et le drainage modéré (MILLOT, 1964; TARDY, PAQUET et MILLOT, 1970); ce type de transformation est favorisé par un climat chaud, à saisons humides et sèches (PAQUET, 1970).

On emploiera le terme de smectite au sens précisé par CAILLÈRE et HENIN (1963) de préférence à celui de montmorillonite, plus spécifique.

e) chlorite
.....

La chlorite est très rare dans les mélanges argileux étudiés et présent en trace. Ce minéral, quand il existe dans les roches-mères, est probablement peu abondant et rapidement altéré dans les sols.

f) interstratifiés
.....

La présence d'interstratifiés est décelable dans la plupart des échantillons en trace; ils sont relativement plus abondants quand la rivière atteint la plaine quaternaire et dans la baie.

Ces minéraux sont le résultat d'une hydrolyse modérée des minéraux simples (illite, chlorite ou smectite). Leur formation est favorisée par une température et une humidité moyenne. Quand le climat est, comme c'est le cas ici, tempéré-chaud et humide, on les rencontre plutôt à la base des profils d'altération, associé, dans certains, cas, à de la vermiculite.

g) autres constituants de la fraction argileuse
.....

gl) Matériel sub-amorphe aux rayons X

L'existence d'un bruit de fond sur les diffractogrammes permet de supposer l'existence de matériel sub-amorphe aux rayons X, constitué d'oxyde de fer, de silice et d'alumine, et de cations en solution. La présence de ce matériel peut expliquer les difficultés de préparation de certains agrégats orientés.

Il faut cependant noter que ce bruit de fond peut être partiellement lié à une diffraction parasite sur l'opale de la lame de verre dans le cas où les dépôts argileux sont peu épais.

g2) Quartz

Le quartz, en raison de sa cristallinité élevée, donne un pic de diffraction net à $3,33 \text{ \AA}$; la comparaison des diagrammes de DEBYE et SCHERRER d'une vingtaine d'échantillons, avec des diffractogrammes étalonnés, a permis d'évaluer la quantité de quartz présente dans les mélanges à moins de 5%; ces diffractogrammes ont été effectués au Laboratoire de Minéralogie du CSIRO (Division of Soil) à Adelaïde (Australie).

g3) Feldspaths

On observe dans la plupart des échantillons la présence d'un pic assez faible à $3,23 \text{ \AA}$, témoignant de la présence de feldspaths; par la même méthode de comparaison que pour le quartz, on a évalué la quantité de feldspath présent dans le mélange à moins de 1 %.

B. Composition des mélanges argileux en relation avec leur provenance

La composition des mélanges argileux est fonction de différents facteurs: la nature des roches-mères et l'intensité de la pédogenèse, liée au climat régnant sur la région.

Cette relation climat-pédogenèse a été mise en évidence par différents auteurs (CAMEZ, 1962; PAQUET, 1970). L'influence du climat se marque même, à l'échelle mondiale dans la distribution de minéraux argileux dans les océans (BISCAYE, 1965; GRIFFIN, WINDOM, GOLDBERG, 1968).

On cherche à établir l'importance de ces différents facteurs dans le cas du bassin d'alimentation de *Western Port*. Des études similaires sont décrites par NELSON (1960), CHAMLEY, FROGET, PORTIER (1973), Mc MURTHRY et FAN (1974), CHAMLEY et PORTIER (1974), WEIR, ORMEROD, EL MANSEY (1975), MONACO (1975), GAUTHIER, CHAMLEY, ROUX, ACQUAVARIA (1977).

La kaolinite et l'illite proviennent respectivement de l'altération des feldspaths et des micas contenus dans les roches granitiques et granodioritiques du Dévonien.

L'origine de la smectite est ambiguë :

.Elle peut provenir de l'altération du matériel basaltique paléocène. Ce type d'altération a été décrit par de nombreux auteurs, dont MILLOT (1964) et PAQUET (1970).

Il faut cependant noter les résultats d'une analyse minéralogique des sols de type Krasnozém dans la région considérée, donnée par SARGEANT et SKENE (1970). Ils obtiennent la composition minéralogique suivante : 30 à 40 % de kaolinite, 30 à 40 % d'interstratifiés de type (14_C-14_V) et 5 à 10 % d'illite; ces résultats nous semblent cependant discutables, en raison du procédé de préparation qu'ont subi les échantillons.

. La smectite, peut, d'autre part, être héritée des grès et argiles crétacés. Selon DOUGLAS et al. (1976), le matériel crétacé affleurant dans le bassin d'alimentation de *Western Port* provient essentiellement de l'érosion du matériel plutonique et volcanique dévonien et du matériel volcanique (andésite et tuff) du Crétacé basal; il s'est déposé en plaine alluviale, sous un climat probablement de type tempéré, à saisons alternativement sèches et humides. Ces conditions auraient pu provoquer la genèse de la smectite.

. Enfin la smectite peut provenir du sol d'altération développé sur le Crétacé, se formant, aux dépens du matériel basique contenu dans le Crétacé, dans les niveaux inférieurs du profil d'altération.

La faible quantité de minéraux primaires dans les mélanges considérés, l'abondance de kaolinite ou de smectite dans les zones amont des rivières témoignent d'une pédogenèse intense favorisée par le climat tempéré-chaud et humide qui règne dans la région de *Western Port*.

La présence d'interstratifiés, plus abondants dans la plaine quaternaire et dans la baie et l'existence de métatellopites témoignent d'une pédogenèse plus ménagée qu'à l'amont (MILLOT, 1964; CHAMLEY, 1971) en raison d'un drainage moins important et une pluviosité moins forte que dans les régions hautes (MARSDEN, MALLET, DONALDSON, 1979).

Le détail de la distribution des argiles est repris dans les paragraphes suivants :

a) Zone A

.....

a₁) *Bass river* (fig.22)

La smectite est très abondante à l'amont dans *Bass River* (85 à 90 %), où elle est associée à une faible quantité de kaolinite et dans l'échantillon 7 à des interstratifiés (14_C-14_S) dominants, à de l'illite dans les échantillons 6 et 1.

Les différentes hypothèses peuvent être émises quant à l'origine de la smectite : elle peut provenir de l'altération des basaltes paléocènes; cependant ceux-ci sont très peu développés dans le bassin

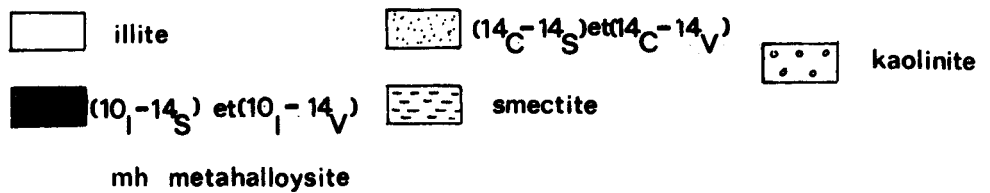
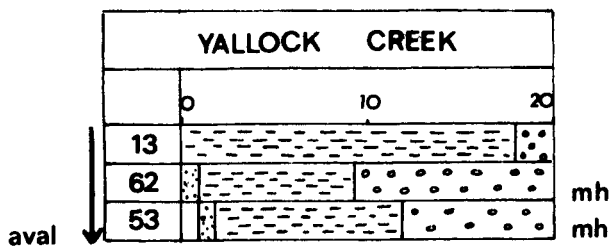
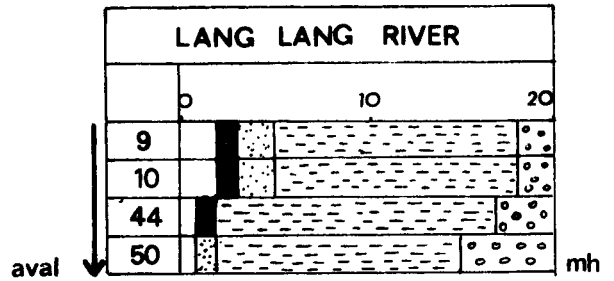
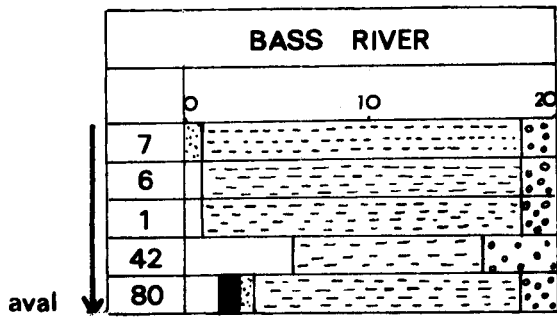


Fig.22 Variation de la composition des mélanges argileux, dans les échantillons de la zone A



versant de *Bass river*. Elle peut, par ailleurs, provenir des grès et argiles crétacés dont l'érosion est facilitée par des affleurements assez fréquents et des pentes fortes.

Une partie de la smectite peut néanmoins provenir des sols développés sur les grès (aux dépens du matériel volcanique contenu dans le Crétacé), associée aux interstratifiés. La kaolinite provient des niveaux supérieurs des profils d'altération.

La faible quantité d'illite présente dans l'échantillon 7 provient de l'altération des biotites contenues dans les grès crétacés.

Vers l'aval, la teneur des échantillons en argile est faible et les diffractogrammes moins précis. On peut cependant noter la diminution de la smectite au profit de la kaolinite et de l'illite dans l'échantillon 42, et des interstratifiés (10_I-14_S) dominants et (14_C-14_S) dominants dans l'échantillon 80.

L'apport d'illite en 42 provient sans doute du matériel sédimentaire cénozoïque (GOSTIN, 1966), et la kaolinite du sol qui la recouvre.

L'apport d'interstratifiés dans la plaine de *Bass* témoigne de la diminution de l'intensité du drainage. Une partie de la kaolinite provient des alluvions d'amont tandis que l'autre partie est apportée par les formations quaternaires, alluviales et marécageuses, ou par le sol qui les recouvrent, ainsi que les interstratifiés.

a₂) *Lang lang river* (fig.22)

La smectite est encore dans *Lang lang river* le minéral dominant à l'amont; elle n'est cependant pas aussi abondante que dans *Bass river*. On note, par ailleurs, la présence d'illite, de kaolinite et d'interstratifiés de type (10_I-14_S) dominants et (14_C-14_S) dominants. Comme dans *Bass river* la smectite provient probablement en grande partie des argiles et grès crétacés et de leur sol; cependant

l'altération des basaltes paléocènes, plus abondant dans le bassin versant de *Lang lang river*, peut être une autre source de smectite. De plus, les pentes et le ruissellement sont plus faibles et expliquent la présence en plus grande quantité d'illite et d'interstratifiés provenant des niveaux inférieurs des sols recouvrant le Crétacé; la kaolinite provient des horizons supérieurs de ce sol.

Vers l'aval, la smectite augmente légèrement, aux dépens de l'illite et des interstratifiés, en provenance, sans doute, des terrains volcaniques et cénozoïques traversés par la rivière. La kaolinite

augmente simultanément ; elle est associée à de la métahalloysite et provient du matériel quaternaire ou de son sol, ainsi que les interstratifiés (10_I-14_V).

a₃) *Vallock Creek* (fig.22)

A l'amont dans *Vallock creek* (échantillon 13), la smectite est très abondante et accompagnée d'une faible quantité de kaolinite. Elle diminue considérablement quand la rivière atteint la plaine quaternaire, au profit de la kaolinite. Celle-ci est associée à de la métahalloysite. On note aussi l'apparition d'une faible quantité d'interstratifiés (10_I-10_S) (14_C-14_S) et (14_C-14_V) et d'illite, en 53.

La smectite de l'amont provient très probablement de l'altération du matériel volcanique et la faible quantité de kaolinite des niveaux supérieurs des sols développés sur ces formations; une partie de la smectite et de la kaolinite provient probablement des grès et argiles crétacés et de leur sol. L'augmentation de la kaolinite et l'apparition de la métahalloysite et d'interstratifiés dans la plaine quaternaire traduisent un apport en provenance des formations quaternaires ou du sol qui les recouvrent.

L'illite peut avoir été apportée par le drain dérivé de *Bunyip river* à *Vallock creek*, en provenance des zones amont de *Bunyip* et *Tarago rivers*.

b) Zone B
.....

La composition des mélanges argileux dans les rivières de la zone B est très variable.

b₁) *Bunyip river* (fig.23)

Dans *Bunyip river* la kaolinite est très abondante à l'amont et elle est associée à une faible quantité d'illite, d'interstratifiés (10_I-14_V) dominants et (14_C-14_V) dominants et dans l'un des échantillons, à de la vermiculite.

La kaolinite résulte d'une pédogénèse développée du massif granitique en milieu acide et lessivant (MILLOT, 1964). Cela résulte d'une pluviosité plus forte avec l'altitude (MARSDEN, MALLET, DONALDSON, 1979). L'acidité du milieu est favorisée par l'existence

d'une couverture forestière d'eucalyptus. La présence d'interstratifiés témoigne d'une dégradation moins poussée du matériel granitique et provient probablement des niveaux inférieurs des sols granitiques ainsi que l'illite et la vermiculite, résultant de l'altération des micas.

A l'aval de *Bunyip river*, après le drain, le mélange contient une plus faible quantité de kaolinite; celle-ci est associée à de la métahalloysite. On note la présence de vermiculite et d'interstratifiés (10_I-14_V) dominants et (14_C-14_V) dominants.

La kaolinite provient en partie de l'amont, mais un nouvel apport de kaolinite, métahalloysite et interstratifiés se manifeste, provenant des formations quaternaires ou du sol développé sur celles-ci. La vermiculite et une partie des interstratifiés témoignent d'un apport encore important de matériel d'origine granitique apporté par les affluents de la rive droite de *Bunyip river*.

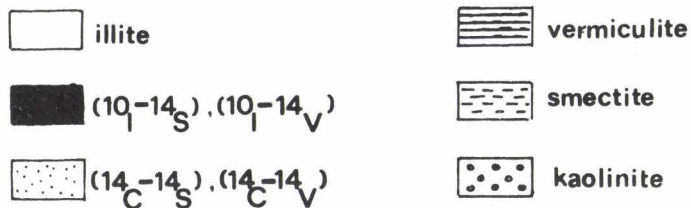
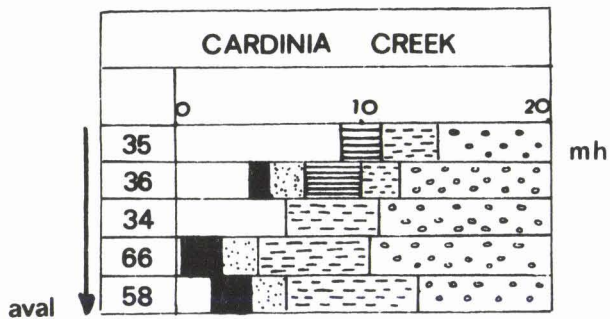
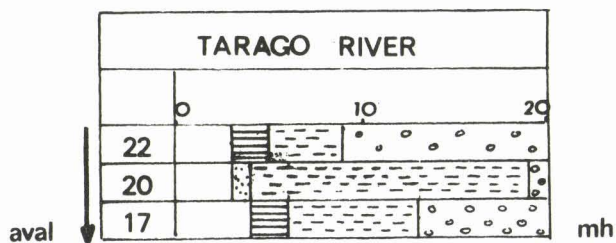
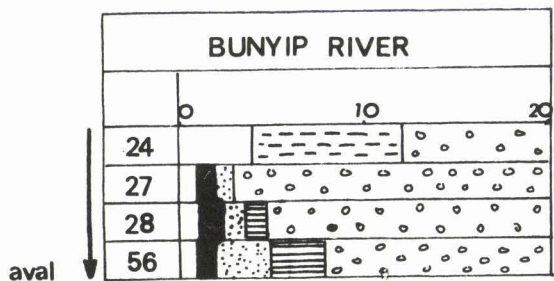
b₂) *Tarago river* (fig. 23)

A l'amont du réservoir, dans *Tarago river*, on trouve à nouveau une quantité abondante de kaolinite, associée à de la vermiculite, de l'illite et de la smectite en quantité non négligeable.

Comme à l'amont de *Bunyip river*, la kaolinite provient de l'altération pédogénétique poussée du matériel granitique, tandis que l'illite et la vermiculite, provenant de l'altération des micas, ont été érodés des horizons inférieurs de ces mêmes sols granitiques. La smectite provient de l'altération du matériel volcanique, sur la rive gauche de la rivière.

Vers l'aval, la quantité de smectite augmente considérablement, aux dépens de la kaolinite et on note l'apparition d'interstratifiés (14_C-14_S) et (14_C-14_V) et la disparition de la vermiculite. Cette smectite provient de l'altération du matériel volcanique cénozoïque, abondant à ce niveau sur les deux rives de la rivière; la présence d'interstratifiés est associée à celle de la smectite.

A l'arrivée dans la plaine quaternaire, on note une nouvelle augmentation de la kaolinite et la réapparition de la vermiculite et de l'illite, témoignant d'un nouvel apport de matériel d'origine granitique par les affluents de la rive droite de *Tarago river*.



mh metahalloysite

Fig.23 Variation de la composition des mélanges argileux, dans les échantillons de la zone B.



b₃) *Cardinia creek* (fig. 23)

La teneur en kaolinite à l'amont, dans *Cardinia creek*, est bien qu'encore relativement abondante (40 à 50 %), plus faible qu'à l'amont des autres rivières de la zone B tandis que l'illite est plus abondante, associée à la vermiculite et à la smectite, et dans l'échantillon 36, à des interstratifiés (10_I-14_V) et (14_C-14_V).

La kaolinite provient, comme dans les zones à l'amont de *Bunyip river* et de son affluent *Tarago river*, de l'altération pédologique du matériel feldspathique, l'illite et la vermiculite provenant de l'altération des micas.

La plus grande quantité d'illite et la présence de vermiculite, et à l'échantillon 36 d'interstratifiés, témoigne d'un drainage variable, mais dans l'ensemble plus modéré qu'à l'amont de *Bunyip* et *Tarago river*.

La smectite provient de l'altération des rhyolites et rhyodacites dévoniennes, au Nord du massif de Lysterfield (Dandenong) ainsi que du basalte paléocène recouvrant localement le massif granodioritique.

L'échantillon 34 prélevé à hauteur des terrains siluriens et dévoniens ne contient plus de vermiculite et la teneur en kaolinite, illite et smectite augmente simultanément. Ces minéraux sont partiellement hérités de l'amont ou traduisent un apport en provenance du matériel siluro-dévonien ou du sol développé sur celui-ci (illite, kaolinite) et du matériel volcanique cénozoïque le recouvrant localement (smectite).

Dans la plaine quaternaire, on note la réapparition des interstratifiés (10_I-14_S) dominants et (14_C-14_S) et (14_C-14_V) et une augmentation de la teneur en smectite et en kaolinite, celle-ci étant associée à de la métahalloysite.

La kaolinite est partiellement apportée par la rivière de l'amont et un nouvel apport de kaolinite, moins cristallisée, associée à de la métahalloysite, provient des formations quaternaires ou du sol développé sur celles-ci, témoignant comme les interstratifiés d'un drainage moins fort qu'à l'amont.

La smectite est probablement apportée de l'amont par la rivière et provient de l'altération du matériel volcanique cénozoïque recouvrant localement les formations paléozoïques.

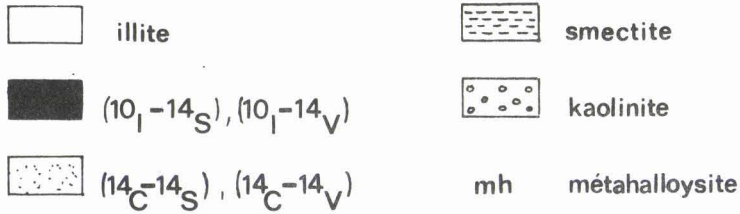
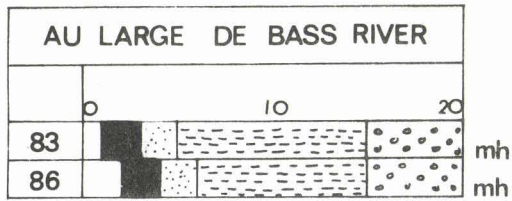
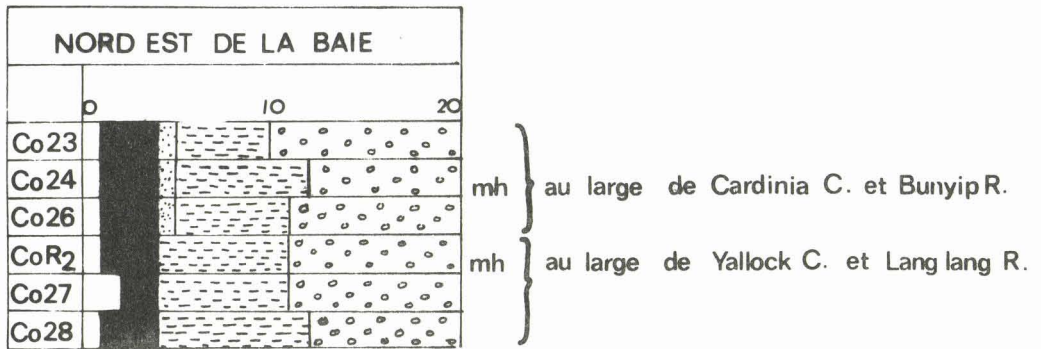


Fig.24 Variation de la composition des mélanges argileux , dans la baie.



c) Baie
.....

c₁) Nord Est de la baie (fig.24)

Les échantillons du Nord Est de la baie présentent une composition à peu près homogène; ils sont composés de 35 à 40 % de smectite et d'une quantité équivalente de kaolinite. La teneur en smectite augmente comparativement aux échantillons de l'aval de la zone B, aux dépens de la kaolinite (sauf pour l'échantillon Co23 où la teneur en kaolinite est plus élevée). Cependant la composition des échantillons dans la baie est différente de celle des échantillons d'aval de la zone A. Les interstratifiés sont de type (10_S-14_V) dominants et (14_C-14_S) au large de la zone B et de type (10_I-14_S) dominants au large de la zone A (fig. 24).

Il existe dans la zone Nord-Est de la baie, un apport de matériel argileux en provenance des différentes rivières. Le devenir de ces apports est régi par l'hydrodynamisme de la baie :

- le matériel provenant des zones B est rapidement déposé à son arrivée dans la baie, au détriment de la végétation herbeuse aquatique,
- le matériel provenant des rivières de la zone A est partiellement déposé, comme en témoigne la présence d'interstratifiés (10_I-14_S) dominants au large de ces rivières. Cependant la faible teneur de ces échantillons en smectite suggère l'existence d'une sélection

minérale (GIBBS, 1977) par un transport de la smectite par le courant côtier (HARRIS, HINWOOD, MARSDEN, STERNBERG, 1979) vers le sud (fig.25).

Par ailleurs, la teneur plus élevée de l'échantillon Co23 en kaolinite peut être liée à un apport de matériel argileux par les courants venant de l'Ouest, tels que la kaolinite qui s'accumule à la faveur de la pointe formée par la côte à cet endroit.

Remarque = DONALDSON et MARSDEN (1977) présentent une analyse minéralogique de la fraction argileuse et de la fraction boueuse (inférieure à $62,5 \mu$) pour 15 échantillons dans la baie, au Nord-Est et dans l'embaïement de Bass. Cependant l'interprétation de ces résultats, faite par comparaison de l'intensité des pics 001 des argiles et du quartz et du feldspath les rend peu compatibles avec des résultats obtenus dans cette étude. Ils obtiennent une quantité dominante de kaolinite et de quartz, par rapport aux autres minéraux.

c₂) Au large de *Bass river* (fig.24)

La teneur en kaolinite est plus importante que dans les échantillons de *Bass river* et elle est associée à de la métahalloysite; les interstratifiés sont de type (10_I-14_V) , (10_S-14_V) et (14_C-14_S) , (14_C-14_V) . La smectite est moins abondante que dans la rivière au profit de la kaolinite; l'accumulation de la kaolinite au large de *Bass river* peut être liée à un apport provenant directement des terrains argileux côtiers à la baie; elle peut, par ailleurs, traduire un apport de matériel argileux par les courants (fig.25) et par la rivière, de telle façon que la kaolinite s'accumule à la pointe de *Reef Island*, tandis que la smectite est entraînée, par le courant (GIBBS, 1977).

C. Synthèse et conclusion de l'analyse minéralogique des argiles

La variété de la composition des mélanges argileux dans la rivière et dans la baie met en évidence l'influence relative des différents facteurs intervenant sur la nature des sédiments dans le bassin d'alimentation et la baie de *Western Port*, à savoir l'environnement géologique, le climat actuel, l'hydrodynamisme de la baie. Ces mêmes facteurs avaient été définis par MONACO (1975) dans les rivières roussillonnaises.

a) Environnement géologique
.....

La contribution des différentes formations est variable et dépend de la nature lithologique et pétrographique de celles-ci, leur extension, l'importance de leur affleurement et le degré d'altération que ces formations ont déjà subi (CHAMLEY, FROGET, PORTIER, 1973).

On a noté l'importance de la kaolinite associée à de l'illite et de la vermiculite, dans les régions hautes de la zone B, résultant de l'altération du matériel feldspathique et micacé des massifs granitiques.

L'origine de la smectite est ambivalente; elle provient partiellement du matériel crétacé et de son sol d'altération, et de l'altération des basaltes paléocènes.

La contribution du matériel sédimentaire cénozoïque est localisé et ne fournit pas de matériel argileux qui puisse servir de traceur.

La contribution des formations quaternaires est limitée en quantité mais marquée par un apport de métahalloysite et d'interstratifiés.

b) Influence du climat
.....

L'influence du climat tempéré-chaud et humide régnant sur le bassin d'alimentation de *Western Port* est plus ou moins marqué dans les différentes régions.

Elle est importante dans les régions les plus élevées; dans le massif de Tynong, elle se traduit par une hydrolyse importante du matériel altéré de la roche mère, en kaolinite; dans le bassin versant de *Bass river*, le drainage est assez développé et permet l'érosion du matériel crétacé et de son sol et une hydrolyse des minéraux primaires dans ce sol.

L'influence du climat diminue avec l'altitude et le drainage est plus modéré dans les bassins versants de *Cardinia creek* & *Lang lang river*; on observe dans le matériel apporté une plus grande quantité de minéraux primaires et d'interstratifiés.

Dans la plaine quaternaire, le drainage est encore plus modéré et la teneur en interstratifiés et métahalloysite est notable.

c) Influence de l'hydrodynamisme
.....

Dans les rivières, le transport du matériel vers l'aval est l'un des facteurs de distribution du matériel; ainsi les minéraux tels que la smectite et la kaolinite sont transportés en grande partie vers l'aval et se déposent au fur et à mesure que l'énergie de la rivière diminue.

Dans la baie, l'hydrodynamisme est le facteur essentiel de la distribution des minéraux argileux; cela rejoint les conclusions données par SAGE, CHAMLEY (1977). Le matériel argileux se dépose dans les zones abritées; dans les zones plus exposées, le courant effectue un tri minéral du matériel et entraîne partiellement la smectite (GIBBS, 1977).

Les différents facteurs, définis à l'aide de l'analyse minéralogique des argiles, régissent de même la nature et la distribution des fractions plus grossières. Leur mode d'action est précisé dans le paragraphe ci-après.

II - ETUDE PETROGRAPHIQUE DE LA FRACTION GROSSIERE

Après une observation rapide de la fraction grossière, on étudie plus particulièrement le quartz, qui en est le constituant le plus abondant et le plus constant, de l'amont vers l'aval des rivières. L'analyse exoscopique des quartz de quelques échantillons permet de définir les différents milieux qu'ont traversés les sédiments; l'analyse de la thermoluminescence des quartz tente d'établir une classification de ceux-ci, en relation avec leurs origines et leur évolution depuis la roche-mère.

1. Observation à la loupe binoculaire

A. Principes

L'observation à la loupe binoculaire de la fraction grossière permet à l'aide de critères relativement subjectifs (qualité du triage, distribution granulométrique, composition minéralogique de la fraction, morphoscopie) d'obtenir une première idée de l'évolution qu'ont subi les sédiments.

B. Observations

Les paramètres observés (tableau III) traduisent une grande hétérogénéité des sédiments selon leur provenance et leur situation de l'amont vers l'aval de la rivière ou dans la baie.

a) *Cardinia creek*

Cardinia creek, où les observations sont faites sur le plus grand nombre d'échantillons, montre une amélioration du triage de l'amont vers l'aval; l'échantillon 66 montre une granulométrie plus fine (apport en provenance des sables de Cranbourne); la moyenne granulométrique augmente à nouveau à l'échantillon 47, en relation avec un apport à la confluence de *Toomuc creek*.

La composition des échantillons est fonction de la granulométrie: les fractions plus grossières sont essentiellement composées de quartz, feldspaths potassiques et plagioclases, micas, et fragments de roches granitiques et volcaniques, de forme angulaire à sub-angulaire; vers l'aval et dans l'ensemble des fractions fines, le quartz est nettement dominant, associé à quelques feldspaths potassiques et calcosodiques.

n° éch.	triage	granulométrie	composition	morphologie	
CARDINIA C.	35	moyen	moyen 50% grossière 30 % très grossière 60% graviers, galets 5%	Q 50% M 50% Q 70%, F 25%, divers 5% Q, F, divers fragments granitiques	Q:A à TA Q,F:A à TA
	36	bon à moyen	grossière 50% très grossière 40% graviers	Q 80%, F 20% Q 70%, F 25%, débris 5% fragments granitiques	Q:A à TA, F:SA, A Q,F:A à TA
	34	bon à moyen	grossière 20% très grossière 60% graviers	Q 70% , F 30% Q 60% , F 30%, débris 10% fragments granitiques	Q:SA à TA Q:SA à TA, F SA, A
	66	bon	fine 00% moyenne 30%	Q 80% , F 20% Q 50% , F 50%	Q A à TA, F:SA à A Q SA à SR, F:A à SA
	47	bon	grossière 50% très grossière 50%	Q 80% , F 20% Q 80% , F 15%, divers 5%	Q:SA à A, F:SA Q:SA à A
Ba.R.	7	bon	très fine 95% moyenne 5%	Q Q 70% , F 30%	A à TA A à TA
LL. R.	9	médiocre	moyenne 10% grossière à très gr 20% graviers, galets	Q 50% , F 30%, débris 20% grès	Q:A à SA
	50	moyen	très fine 70% moyenne 20% grossière à très gr 10%	Q 70% , F 30% Q Q 80% , F 20%	Q:SA à SR Q: R (RM) Q:SA à SR
Y.C.	15	moyen à médiocre	fine à moyenne 90% grossière à très gr 10%	Q Q , frag. basalte	Q:SA à A Q:VA à SA
Bu.R.	27	médiocre	grossière à très g. 30% graviers, galets	Q 60% , F 30%, divers fragments granitiques	Q: VA
T. R.	22	très médiocre	moyenne 30% grossière à très g. 50% galets graviers 20%	Q 90% , F 10% Q 60% , F 25% , M 10% Q + F, frag. granit.	Q:VA à A Q:VA à a
Baie NE	Co23	moyen	fine 33% moyenne 33% grossière 33%	Q Q Q	Q:SA à SR " + RM Q: RM
	CoR ₁	moyen	fine 33% grossière 33% très grossière 33%	Q 95% , F 5% Q Q	Q:SA à SR Q: " + RM Q:RM
	Co26	moyen	moyenne 40% grossière 40% très grossière 20%	Q Q 40% , F 10% Q	Q: SA à SR Q: SR + RM Q: RM
	Co30	bon	fine 90% moyen 10%	Q 60%, F 40% Q	Q: SA à SR Q:SR
Baie SE	83	bon	très fine 90% moyenne 10%	Q 60% , F 40% Q	Q:SR Q: SR + RM
	86	moyen	fine 33 % moyenne 33% grossière 33%	Q, F, débris coquillers Q	Q:SR Q:SR

Tableau III : Résumé des observations à la loupe binoculaire granulométrie: échelle de WENTWORTH (1922), estimation visuelle de la composition minéralogique d'après la table de TERRY et CHILINGAR, (1955); morphologie d'après CAILLEUX (1945), POWERS (1953) (SA: subangulaire, SR: subarrondi, A: angulaire, R: arrondi) Q: quartz, F: feldspaths, M: mica

5115
LILLE

En amont, les grains ont un aspect très angulaire à angulaire. L'usure des grains augmente légèrement vers l'aval où l'on observe des grains angulaires à sub-angulaires. A l'échantillon 66 et au débouché de *Cardinia creek* dans la baie (échantillons 59, CoR₁), on observe des grains "ronds mats" (CAILLEUX, 1945), d'origine éolienne; ils proviennent des sables de Cranbourne et à l'aval, d'un transport le long de la côte ou du large.

b) Autres échantillons
.....

Dans l'ensemble des autres rivières, à l'amont, la granulométrie est grossière et le triage médiocre; les sables sont essentiellement composés de quartz, de feldspaths et de fragments des roches-mères. L'échantillon 7, à l'amont de *Bass river*, montre cependant une granulométrie fine et un bon triage, et est essentiellement composé de quartz angulaire à sub-angulaire et de feldspaths.

Les échantillons prélevés en baie présentent un triage bon à moyen, une granulométrie très fine à grossière; les sables sont composés principalement de quartz et d'un peu de feldspaths. Ils montrent un mélange de grains très angulaires, angulaires et sub-angulaires (ces derniers étant les plus abondants).

c) Interprétation et conclusion
.....

A l'amont, dans les rivières, les fractions grossières des échantillons sont représentatifs de la roche-mère; vers l'aval, sous l'effet du transport, le triage s'améliore et la granulométrie s'affine; le quartz devient le principal constituant et sa morphologie témoigne d'une certaine usure; un apport latéral, en provenance des sables dunaires de Cranbourne, est notable en 66. Un nouvel apport d'origine éolienne se note dans la baie; la présence de grains très angulaires, de petite taille, s'explique par un transport violent, aérien, d'une partie du matériel provenant de l'amont, lors d'une émergence temporaire au niveau du delta.

2. Analyse exoscopique des quartz

A. Principe

L'analyse exoscopique des quartz est un complément de l'observation des sables à la loupe binoculaire.

L'étude au microscope électronique du détail de la surface des grains de quartz permet en effet d'observer que les caractères originels du grain (ou caractères géomorphiques) sont modifiés à la surface du grain et que de nouvelles formes apparaissent, résultant de l'évolution des grains depuis leur départ de la roche-mère (caractères phénomorphiques) (LE RIBAUT, 1975, 1977).

A partir de ces caractères, observés de façon systématique sur les arêtes, les faces et les dépressions des grains, l'histoire du grain peut être retracée et les différents milieux qui ont engendré ces formes sont définis.

L'origine mécanique et chimique des caractères phénomorphiques a été définie par les différents auteurs (KRINSLEY et MARGOLIS, 1971; KRINSLEY et DOORNKAMP, 1973, in LE RIBAUT, 1977 et LE RIBAUT, 1975, 1977).

L'évolution mécanique se traduit essentiellement, sur les grains, par les traces de chocs (chocs en "V", cupules de choc, cassures conchoïdales), et par l'usure, par abrasion entre les grains et par le milieu transporteur, provoquant le polissage des formes préexistantes.

L'évolution chimique est soulignée par les figures de précipitation et de dissolution de la silice : pellicule siliceuse de structure plus ou moins bien organisée en une zone de transition, bien cristallisée, et une zone superficielle, en écailles; dépôts de globules ou de fleurs de silice.

Ces deux aspects de l'évolution des grains ne peuvent être dissociés; la surface des grains témoigne souvent d'un effet simultané ou successif, de l'action mécanique et de l'action chimique. L'importance relative de l'une ou de l'autre, permettent de définir le parcours des grains dans des milieux différents, tels que les caractères résultant des différentes étapes se superposent ou se détruisent.

B. Méthodologie

a) Préparation des échantillons

.....

Les sables étudiés ont été nettoyés à l'eau oxygénée puis à l'acétone et triés sous la loupe binoculaire.

On a sélectionné une vingtaine de grains de chaque type morphologique, d'une taille d'environ 0,5 mm.

Les grains ont ensuite été déposés sur des porte-objets métalliques sur une fine pellicule de vernis, légèrement dissoute par de l'acétone; les préparations ont ensuite été métallisées et observées.

b) Appareillage

Les préparations ont été métallisées par pulvérisation d'or-palladium sous vide ("Sputtering").

Les observations au microscope électronique à balayage ont été faites au Laboratoire de Paléobotanique de l'U.E.R. des Sciences de la Terre de l'Université de Lille I; l'appareil utilisé est un SUPER ISIS II.

C. Observations et interprétations

On a étudié les sables des échantillons provenant de *Cardinia Creek* et de son débouché dans la baie.

Dans les échantillons prélevés à l'amont, dans *Cardinia creek*, les quartz témoignent d'une pédogénèse antérieure, ayant permis le développement d'une pellicule siliceuse. On note la présence de surfaces protégées, dépourvues de cette pellicule (anciennes zones de contact avec les grains voisins dans les sols) (Pl.1, ph 1,2,3)

L'évolution torrentielle est traduite sur les grains des échantillons 35, 36 et 34 par l'apparition de traces de choc sur ces surfaces protégées et le polissage relatif de la pellicule siliceuse et des anciennes traces de choc.

Une partie des grains de l'échantillon 36 a cependant suivi une évolution plus complexe : à l'amont du réservoir de *Cardinia*, les grains ont subi une évolution pédologique, puis torrentielle; ils ont ensuite évolué dans un milieu de basse énergie, dans le réservoir, ce qui a permis le polissage de la pellicule siliceuse, déjà marquée de traces de choc à la suite de l'évolution torrentielle; on observe de plus des dépôts siliceux dans les zones confinées du grain (Pl.1, ph 4,5,6)

L'échantillon 34 marque bien la haute énergie du régime torrentiel de *Cardinia Creek*, traduite par l'apparition de traces de choc nettes, sur les anciennes surfaces protégées et le polissage de la pellicule siliceuse; l'intensité du polissage peut être différente selon l'exposition des différentes parties du grain .(Pl.2, ph 1,2,3,4,5)

A l'arrivée dans la plaine quaternaire, l'énergie de la rivière diminue et on observe, dans l'échantillon 66, l'existence d'un gradient de polissage des traces de choc sur les grains de quartz provenant de l'amont. (Pl.2, ph 6,7). Par ailleurs, à ceux-ci vient se mélanger un matériel d'origine éolienne (grains ronds mats) provenant vraisemblablement des sables de Cranbourne (Pl.3, ph 1,2). Ce mélange de grains d'origine éolienne, avec les grains provenant de l'amont est encore notable à l'échantillon 47; (Pl.3, ph 3,4,5). L'existence de globules siliceux dans les zones confinées des grains traduit le ralentissement de plus en plus important de la rivière (Pl.2, ph 8,9).

L'échantillon 59 présente des grains arrondis dont la surface est très polie et propre; certains de ces grains présentent de grandes cassures conchoïdales et des cupules de choc, dans lesquels se sont accumulés localement des dépôts siliceux. Ces formes résultent d'un transport très énergétique, et d'une émergence de courte durée. (Pl.4, ph 1,2,3)

Les grains ronds mats, hérités des zones côtières et du matériel d'amont montrent eux-aussi de grandes cassures conchoïdales.

Ces sables témoignent d'une influence marine sur le matériel provenant de l'amont, au niveau du delta (

Les sables de l'échantillon CoR₁ prélevé sur la zone intertidale, présentent des grains arrondis dont la surface polie est propre. On observe des dépôts siliceux sur les faces; mélangés à ce type de grain on observe des grains ronds-mats, présentant une surface en coup d'ongle. Ces grains proviennent en grande partie de la zone sableuse marginale (Pl.5 ,ph 4,5,6)

D. Conclusions

Les formes héritées des différents types d'évolution sont rencontrées sur les quartz étudiés. Elles traduisent les variations hydrodynamiques de la rivière : évolution en milieu de haute énergie (échantillons 35, 36 et 34), en milieu d'énergie moyenne (échantillon 66,47), en milieu de basse énergie (échantillon 36).

Elles reflètent aussi l'existence de différentes sources d'apport; le matériel apporté à la rivière a déjà subi une certaine évolution : évolution pédologique à l'amont (échantillons 35 et 36); évolution éolienne (échantillons 66,47 et 59); les échantillons d'aval soulignent l'influence d'un autre milieu sédimentaire , le milieu marin.

3. Etude de la thermoluminescence naturelle des quartz et feldspaths

Cette étude a été faite au Laboratoire de Minéralogie de la Faculté Polytechnique de Mons (Belgique).

A. Principe et orientation de l'étude

L'apport d'énergie provoquée par le chauffage d'un corps cristallin permet la libération des électrons piégés dans les défauts du réseau; le retour de ces électrons à un niveau d'énergie plus stable est accompagné d'une émission d'énergie, traduite par un rayonnement lumineux (McDOUGALL, 1968).

Les températures auxquelles les émissions d'énergie ont lieu et l'intensité de celles-ci sont caractéristiques non seulement du corps cristallin considéré mais aussi des conditions de sa genèse (CHARLET, 1963); ainsi la thermoluminescence des quartz peut être très variable selon leurs origines et leurs conditions de genèse (MAZERAN, 1971); néanmoins d'autres paramètres que la nature et la genèse des quartz peuvent intervenir; l'état de surface des quartz peut modifier leurs courbes de thermoluminescence (ALOISI, CHARLET, WIBER, 1977).

B. Méthodologie

a) Préparation des échantillons

La fraction grossière de 14 échantillons a été préalablement attaquée à l'acide chlorhydrique (N/5) pendant 24 heures, séchée et tamisée. La dispersion importante de la granulométrie de cette fraction n'a pas permis d'utiliser la fraction 510-360 μ préconisée par ALOISI et CHARLET (1975). On a choisi la fraction 280-62,5 μ , celle-ci étant plus constante dans les différents échantillons.

Le quartz et les feldspaths ont été séparés des autres composants minéralogiques à l'aide d'un séparateur magnétique de type FRANTZ.

La fraction résiduelle a été mesurée : une quantité de 0,4 g d'échantillon a été pesée auquel est ajoutée une quantité de 0,04 g d'un échantillon témoin, celui-ci ayant été artificiellement irradié au cobalt 60 et donnant un pic de thermoluminescence à très basse température permettant d'étalonner la courbe.

n°éch.	mesure	T ₁ (°C)	T ₂ (°C)	H ₁ (mm)	H ₂ (mm)	R	Influence de HF	
							/Intensité/	/R
Car.36	A	233,1	-	46	-	100	++	
	B	222	-	83	-	100		
Car. 66	A	222,3	-	207	-	100	++	
	B	227,5	-		-	100		
Car.59	A	222,3	285,7	19	15	56	+	+
	B	252	288	24	23	51		
Tar.22	A	217	272	83	70	54	+	+
	B	217	270	82	83	50		
Bun.27	A	217	288	31	14	69	+	+
	B	211,5	274,5	49	30	62		
Bas. 7	A	214	292	20	18	53	++	+
	B	211,5	292	22	25	47		
Lan.9	A	203	288	25	19	57	+	++
	B	206,1	265,1	48	28	63		
Lan.50	A	217	277	51	42	55	+	
	B	219	274	65	56	54		
Yal. 15	A	225	292	19	12	61	+	+
	B	225	288	25	23	52		
Co23	A	225	-	34	-	100	+	+++
	B	230	270	56	43	57		
Co30	A	219	285	24	22	52	+	
	B	217	281	34	34	50		
CoR ₁	A	225	288	47	25	65	+	
	B	219	277	32	42	66		
83	A	230	285	10	23	45	+	
	B	233	288	23	26	47		

Tableau IV Résultats des mesures de thermoluminescence

A: mesure avant l'attaque à l'acide fluorhydrique

B: mesure après l'attaque à l'acide fluorhydrique

T₁, T₂, H₁, H₂ température, et hauteur des pics P₁ et P₂, d'émission max.

+++, ++, + influence forte, moyenne, faible de l'attaque HF

BIS
LILLE

On procède ensuite à une attaque fluorhydrique (N/5), qui a pour but de détruire les feldspaths et de nettoyer les quartz de leurs caractères phénomorphiques, acquis au cours de leur évolution postgénétiq. Une quantité de 1,5 g d'échantillon est plongée, pendant 3 mn, dans l'acide fluorhydrique (1 N), puis soigneusement rincée à l'eau distillée et à l'acétone; le résidu de cette attaque, c'est-à-dire le matériel quartzeux, est mesuré en thermoluminescence.

b) Appareillage

L'appareillage utilisé au Laboratoire de Minéralogie de la Faculté Polytechnique de Mons est décrit par CHARLET (1963).

Il est composé des éléments suivants :

- une plaque chauffante, sur laquelle on dispose l'échantillon, surmontée d'un tube photomultiplicateur, recevant l'émission lumineuse;
- le dispositif d'alimentation du photomultiplicateur (1100 V),
- le dispositif d'alimentation de la plaque chauffante (200 V) permettant le chauffage de l'échantillon de façon linéaire;
- le dispositif d'enregistrement, composé d'un préamplificateur et d'un enregistreur sur papier; ce dispositif est relié au tube photomultiplicateur et donne le courant d'onde (proportionnel à l'intensité lumineuse) en fonction de la température, la loi de chauffe étant connue.

C. Résultats

L'ensemble des résultats obtenus est résumé dans le tableau IV et la fig.26. Les courbes de thermoluminescence sont de forme variable selon les échantillons. Elles sont habituellement caractérisées par les pics P_1 et P_2 représentant les maximums d'intensité lumineuse et leurs coordonnées (T_1, H_1) et (T_2, H_2) exprimant respectivement les températures et les intensités des pics d'émission lumineuse maximum.

a) Température d'émission

Le pic P_1 est émis à une température variant entre 210° et 230° C et le pic P_2 entre 270° et 295 °C. On note une différence fréquente des positions des pics maximum entre les échantillons et, pour un même échantillon, entre les courbes obtenues avant et après l'attaque à l'acide fluorhydrique (fig. 27).

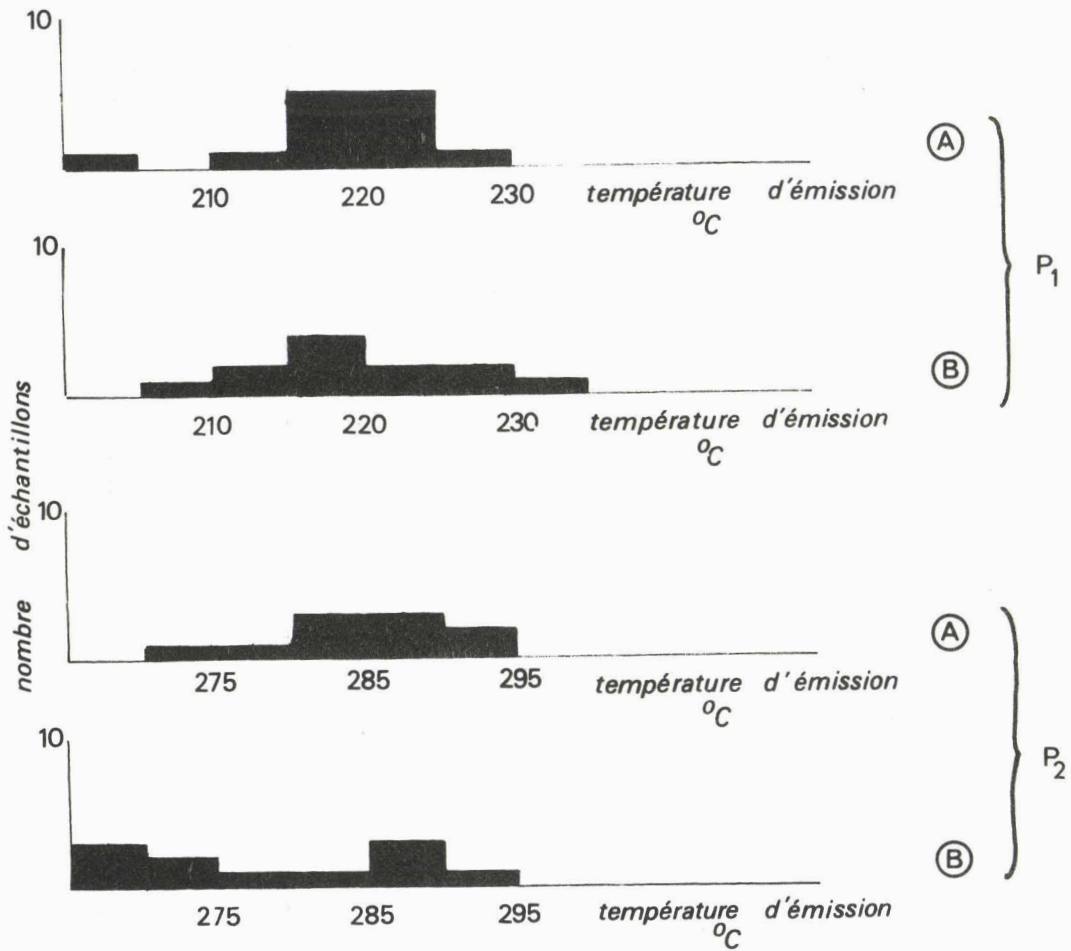


Fig.26 Position des pics P₁ et P₂, avant (A) et après (B) l'attaque à l'acide fluo¹hydrique.

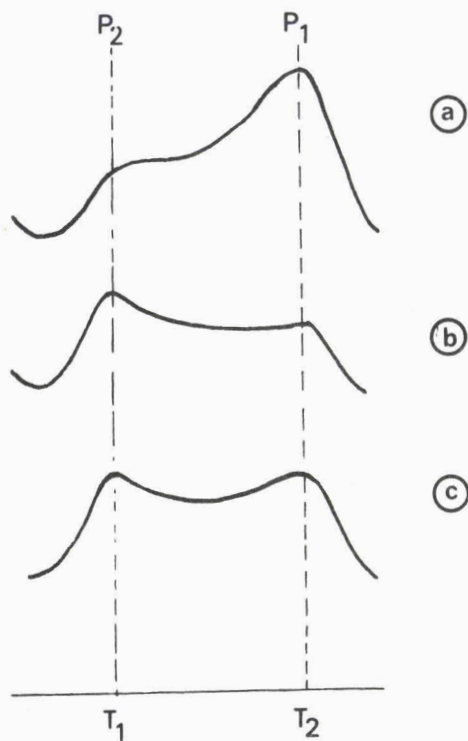


Fig.27 Différents types de courbes de thermoluminescence



La thermoluminescence des échantillons est de faible intensité : les pics sont assez larges et leur interférence provoquent une certaine dérive de la position des pics maximum . Le paramètre de la température est peu précis et les courbes de thermoluminescence sont mieux définies par la forme de la courbe et l'intensité des pics.

b) Forme et intensité des pics
.....

Les différents types de courbe rencontrés sont représentés dans la figure . Les courbes sont habituellement caractérisées par le rapport R :

$$R = \frac{H_1}{H_1 + H_2} \times 100$$

H₁ et H₂ étant les intensités respectives des pics P₁ et P₂ d'émission maximum.

Ce rapport est, pour la plupart des échantillons, peu différent de 50, sauf dans le cas de deux échantillons (36 et 66), où le pic P₂ n'existe pas, et de l'échantillon Co23 dont la première courbe mesurée ne présente pas de pic P₂.

L'effet de l'attaque à l'acide fluorhydrique se traduit généralement par une augmentation plus ou moins importante de l'intensité globale de l'émission lumineuse et une variation du rapport R, c'est-à-dire une variation relative des pics P₁ et P₂; on note aussi un déplacement des températures d'émission maximum.

On remarque, par ailleurs, pour l'échantillon 66, une intensité d'émission lumineuse beaucoup plus forte que dans les autres échantillons.

D. Interprétation

a) Influence de l'attaque à l'acide fluorhydrique
.....

Il est délicat de déterminer, dans les variations des courbes de thermoluminescence à la suite de l'attaque à l'acide fluorhydrique, la part liée à la disparition des feldspaths et celle liée au "nettoyage" de la surface des quartz.

L'augmentation générale de l'intensité d'émission reflète la thermoluminescence propre des quartz de telle façon que celle-ci soit plus importante, quand les grains sont nettoyés des caractères phénomorphiques acquis pendant leur évolution depuis leur altération de la roche-mère.

La diminution de l'intensité du pic P_1 semble plutôt se rattacher à la disparition des feldspaths. Par ailleurs, ceux-ci semblent caractérisés par des pics d'émission lumineuse plus constants que ceux du quartz, situés aux environs de 220°C et 285°C; ces pics masquent lors de la première mesure, la variation plus importante des températures d'émission maximum du quartz.

Il faut noter le cas particulier de l'échantillon 66; on sait à la suite de l'analyse exoscopique que cet échantillon est composé d'un mélange de grains détritiques provenant de l'amont et de grains d'origine éolienne, sur lesquels les traces de choc sont développées; la thermoluminescence élevée de cet échantillon pourrait être liée à l'évolution éolienne de ces grains ou à une origine très différente de ces grains.

b) Essai de caractérisation des quartz en fonction de leur origine (fig. 26)
.....

La thermoluminescence naturelle des quartz provenant du bassin d'alimentation de la baie de *Western Port* est de faible intensité. Cela peut être dû à la nature même des quartz analysés, ou à l'existence d'événements thermiques postérieurs ayant provoqué une perte de thermoluminescence.

La variation du rapport R, c'est-à-dire l'intensité relative des pics P_1 et P_2 permet de définir différents types de quartz.

Les quartz des échantillons provenant de l'amont des rivières coulant dans les massifs granitiques présentent une courbe de forme (a) dont le pic P_1 est plus intense que le pic P_2 déterminant un premier type de quartz.

Dans les zones amont de *Bass river* et de *Yallock river*, on détermine un second type de quartz, provenant sans doute des grès crétacés, tels que le pic P_2 soit plus intense que le pic P_1 (forme (b)); ce type de quartz se retrouve dans la baie au large de *Bass river*. L'échantillon 9 cependant, à l'amont de *Lang lang river* s'apparente plutôt au type (a) et suggère une nature différente du quartz à l'échantillon 9, soit en raison d'une variabilité de celle-ci dans le matériel quartzueux crétacé, soit en raison d'une origine différente du quartz

A l'aval des zones A et B et dans la partie Nord-Est de la baie, les pics P_1 et P_2 sont à peu près équivalents et déterminent un troisième type de quartz (c) apporté aux rivières et à la baie, par le matériel quaternaire. La forme de la courbe (c) suggère que ces échantillons sont constitués d'un mélange des grains de type (a) et de type (b).

E. Conclusion et proposition d'étude future

L'évolution du matériel quartzeux depuis la roche-mère modifie l'intensité et la forme des courbes de thermoluminescence. L'effet de cette variation semble se traduire de façon différente selon le type d'évolution que le matériel a subi (aquatique ou éolien).

Une zonation des quartz en fonction de leur origine et de leur thermoluminescence se dessine. Il faudra une étude plus large pour pouvoir la préciser.

L'étude de la thermoluminescence artificielle permettra de définir la cause de la faible intensité de thermoluminescence dans l'ensemble des échantillons.

Parallèlement, une étude de microthermoluminescence (grain par grain) pourra déterminer s'il existe des grains d'origine diverses dans les échantillons considérés, et préciser l'origine et l'évolution de ces grains depuis la roche-mère.

4. Conclusion à l'étude de la fraction grossière

Comme au terme de l'analyse minéralogique des argiles, différentes patries alimentatrices des sédiments de rivières peuvent être reconnues par l'étude de la fraction grossière en thermoluminescence dont les principales sont les régions granitiques, les collines crétacées et la plaine quaternaire.

L'évolution du matériel quartzeux depuis son altération de la roche-mère peut être suivie dans *Cardinia creek* et témoigne de l'importance de la pédogénèse dans les zones amont; l'étude exoscopique permet de préciser les variations hydrodynamiques de la rivière et souligne l'existence d'apport dans la rivière à l'aval, en provenance des formations quaternaires et le transport de ce matériel vers la baie.

CONCLUSION DE L'ETUDE PETROGRAPHIQUE

Les différents facteurs intervenant sur la nature et la distribution des sédiments dans le bassin d'alimentation et une partie de la baie ont été définis par l'étude minéralogique de la fraction fine, et complétés par l'étude de quelques aspects de la fraction grossière.

L'importance de l'environnement géologique et du climat sur la nature du matériel fourni à la rivière et l'existence d'un tri hydrodynamique de ce matériel par le milieu fluviatile et marin ont été soulignées.

Les minéraux argileux sont hérités de la roche-mère ou résultent de l'altération de celle-ci; dans ce second cas, ils gardent toutefois la marque de leur origine, malgré la transformation plus ou moins poussée qu'ils ont subie (illite et kaolinite, en provenance des régions granitiques, smectite dans les régions crétacées et cénozoïques volcaniques). L'influence de l'origine du sédiment se marque aussi par les propriétés pétrographiques du matériel grossier, quartzeux (telles que la thermoluminescence).

L'effet de la pédogenèse, résultant elle-même de l'action du climat, de la morphologie, de la nature et de la lithologie des roches-mères se marque par l'existence dans les rivières de minéraux argileux plus ou moins dégradés par rapport à la roche-mère. Sur le quartz, elle se marque par le développement, à la surface des grains, de formes témoignant de conditions plus ou moins agressives dans les sols d'où proviennent les grains.

Enfin l'effet de l'hydrodynamisme dans les rivières et dans la baie se traduit dans les fractions fines par un tri minéralogique et sur les quartz, par la création de formes témoignant de la variation d'énergie dynamique du milieu de sédimentation.

L'étude de la composition géochimique des sédiments permet de préciser ces facteurs et leur mode d'action sur les sédiments.

CHAPITRE 4

Etude géochimique

CHAPITRE IV : ETUDE GEOCHIMIQUE

INTRODUCTION

L'étude de la composition géochimique des échantillons a été faite dans le but de préciser le comportement des différents éléments et leur appartenance préférentielle à l'une ou l'autre des fractions granulométriques.

Ce travail vient compléter l'étude pétrographique en différents points :

- . l'existence d'apports de matériel détritique par les bassins versants est précisée par les données géochimiques. Différents types de phases géochimiques (GOLDSCHIMDT, 1945) sont mis en évidence dans ces apports;
- . cette étude permet, d'autre part, de souligner l'influence respective des différents facteurs, définis lors de l'étude pétrographique, sur les éléments considérés;
- . enfin, l'étude du comportement des éléments permet d'établir une analogie entre ceux-ci et les différents types minéralogiques.

Cette étude a été faite sur les fractions fines (inférieures à 4 μ) de l'ensemble des échantillons et sur les fractions intermédiaires (comprises entre 37 μ et 62,5 μ) et grossières (supérieures à 62,5 μ) des échantillons de *Lang lang river*, *Cardinia creek* et de la baie.

Elle a été effectuée par fluorescence des rayons X sur les éléments majeurs, et quelques éléments traces.

Cette analyse a permis d'étudier plus particulièrement parmi les phases géochimiques définies par les différents auteurs, la phase "résistante" selon GOLDSCHIMDT, 1945 et MILLOT, 1964, ou "résiduelle" selon CHESTWORTH, 1973, la phase hydrolysée ou argileuse, et la phase oxydée, et, dans la mesure où elle existe, la phase carbonatée.

I - METHODOLOGIE

1. Principe

L'analyse en fluorescence X mesure la ligne la plus intense du spectre d'énergie émise par un élément chimique donné, dont on cherche la concentration dans un mélange, lorsqu'il est excité par un faisceau de rayons X de longueur d'onde λ (NORRISH et CHAPPELL, 1967).

L'intensité de cette radiation secondaire est théoriquement proportionnelle à la concentration de l'élément mesuré dans le mélange.

Cependant, selon l'homogénéité du mélange dans lequel se trouve l'élément à mesurer, il existe des phénomènes d'absorption et d'exaltation par les autres éléments en présence (TERTIAN, 1967). Pour chaque type de mélange il faut donc effectuer des corrections en fonction du coefficient d'absorption propre à chacun des éléments présents dans le mélange et de leur concentration respective. Ce problème a fait l'objet de travaux de nombreux auteurs dont CLASSE et SAMSON (1962), TERTIAN (1967), NORRISH et HUTTON (1969), HAUKKA et THOMAS (1977).

2. Préparation des échantillons

Pour diminuer les effets d'absorption et d'exaltation provoqués par l'hétérogénéité du mélange, on procède à la fusion et à la dilution des échantillons, dans un fondant dont le coefficient d'absorption est négligeable en raison de sa nature chimique.

Les auteurs cités ci-dessus ont proposé différentes méthodes de préparation des "perles" fondant-échantillon. La méthode utilisée pour cette étude est celle proposée par HAUKKA et THOMAS (1977); ces auteurs utilisent une dilution fondant/échantillon de 2/1; le fondant est composé de métaborate de lithium.

Certains échantillons (21, 24, 23, 22) présentaient une très faible teneur en fraction fine. On a, dans ce cas, procédé à la préparation de dépôts sur filtres millipores selon la méthode de SUBMARIAN et d'ANGLEGAN (1976); les concentrations relatives sont obtenues à l'aide des courbes de calibration établies par SEEDSMAN et MARSDEN (1977); cependant l'imprécision des mesures (10 %) ne permet de les utiliser que d'une manière semi-quantitative, pour les comparer aux mesures sur perles.

3. Appareillage et traitement des mesures

L'appareil utilisé est un spectromètre de fluorescence aux rayons X, SRS I, séquentiel, à magasin automatique à 10 positions.

Les éléments majeurs SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 total, MgO , CaO , K_2O et quelques éléments mineurs (TiO_2 , MnO , Ba) sont mesurés.

Les conditions expérimentales sont résumées dans le tableau V. Les mesures sont faites par comparaison avec une perle de référence dont l'étalonnage a été fait pour l'appareil utilisé (HAUKKA et THOMAS, 1977). Un programme informatique établi par ces auteurs permet d'effectuer le calcul de correction des effets de matrice (absorption et exhaltation); le principe de ce calcul est expliqué par NORRISH et HUTTON (1969). Ce calcul donne pour chaque mesure la valeur quantitative correspondante.

Les résultats présentés en annexe donnent le pourcentage des différents éléments, ramenés à leur forme oxydée, celle-ci étant la formulation la plus précise pour exprimer la composition chimique d'un minéral (KRAUSKOPF, 1967).

4. Précision des mesures

La précision des mesures dépend d'un certain nombre d'erreurs :

A) Erreurs expérimentales

Des erreurs interviennent lors de la préparation des perles (erreurs de pesée, défaut de la perle en raison d'une trop faible quantité de matière ou de la présence d'éléments tendant à provoquer la cristallisation de la perle).

Ces erreurs sont évaluées par la mesure d'une perle de composition connue (CGD.1, standard calibré par HAUKKA et THOMAS (1977) fabriquée dans les mêmes conditions.

B) Erreurs instrumentales

Des erreurs interviennent d'autre part lors des mesures sur le spectromètre (effet de temps mort, dérive de la ligne mesurée, bruit de fond de l'appareil). Ces erreurs sont estimées par la mesure d'une perle composée de 100 % de silice.

C) Erreurs accidentelles

Ces erreurs ne peuvent être évaluées.

D) Erreurs liées à la dilution fondant/échantillon

L'éloignement du rapport fondant/échantillon de la valeur 2/1 engendre une erreur lors de la mesure. Ce type d'erreurs a été évalué par HAUKKA et THOMAS (1977). Les corrections nécessaires sont intégrées dans le programme informatique.

Element analysé	Position θ	Cristal anal.	fente sortie	tube			Disc. impul.		compteur		λ Å
				ano.	Kv	mA	seuil	canal	type	tension	
Si $K\alpha_1$	108.948	Pet	0,4	Rh	20	30	6	12	fl. gaz. pl0	1780	7.125
Ti $K\alpha_1$	86.98	LIF 200	0.4	Rh	20	50	6	12	fl. gaz. pl0	1740	2.748
Al $K\alpha_1$	144.801	Pet	0.4	Rh	20	50	6	12	fl. gaz. pl0	1780	8.336
Fe $K\alpha_1$	57.352	LIF 200	0.4	Rh	20	20	5	20	sans vide	1740	19.36
Mn $K\alpha_1$	62.814	LIF 200	0.4	Rh	20	50	7	10	fl. gaz. pl0	1740	2.103
Mg $K\alpha_1$	44.974	TIAP	0,4	Rh	20	50	6	12	fl. gaz. methane	2882,5	9,889
Ca $K\alpha_1$	112,948	LIF 200	0,4	Rh	20	30	6	12	fl. gaz. pl0	1807,5	3,358
K $K\alpha_1$	50,628	Pet	0,4	Rh	20	50	6	12	fl. gaz. pl0	1802,5	3,741
Ba $K\alpha_1$	86,950	LIF 200	0,15	Cr	40	50	8	8	fl. gaz. pl0	1875	2,7752

Tabl. V.- Conditions expérimentales de l'analyse en fluorescence aux rayons X.

Δ_x x	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	K ₂ O	Ba
expérim.	1,54	0,03	1	0,15	0,003	0,09	0,08	0,05	?
instrum.	1,0	0,01	1	0,05	0,001	0,04	0,05	0,02	0,001

Tabl. VI.- Evolution des erreurs sur les mesures en fluorescence aux rayons X.



L'évaluation des erreurs expérimentales et instrumentales est présenté dans le tableau VI .

II - RESULTATS

1. Zone A

A) Bass river

L'étude géochimique est faite sur la fraction fine des échantillons de *Bass river*.

On note dans les échantillons d'amont et, plus particulièrement au niveau de l'échantillon 6, l'existence d'un apport de fer, magnésie, chaux, et potasse, provenant vraisemblablement de l'altération du matériel crétacé (ferro-magnésiens, biotite, feldspaths potassiques et calcosodiques, fragments de roche andésitique).

Un apport de matériel siliceux se marque dans l'échantillon 7, à l'amont de la rivière, ainsi que dans les échantillons 1 et 42 où il est accompagné de titane.

Les graphes des fig. 28 et 29 permettent de remarquer que la silice et le titane de ces échantillons sont plus indépendants vis-à-vis de l'aluminium que dans les autres échantillons. La silice apportée à l'amont provient des grès crétacés ou des sols qui les couvrent, tandis que la silice et le titane apportés en 1 et 42, proviennent plutôt des sédiments cénozoïques; le titane est probablement fourni sous forme de minéraux lourds du type rutile et ilménite, signalés par GOSTIN (1966) dans les grès de *Baxter*.

La teneur plus élevée en fer de l'échantillon 6 est associée à une teneur élevée en manganèse, plus importante encore à l'échantillon 1; ces variations sont liées aux apports en provenance des roches-mères, signalés plus haut; cependant, le maintien du manganèse et du fer sous leur forme oxydée à l'amont est lié à l'existence, dans les sols, d'un drainage important, créant un milieu oxydant (GARRELS et CHRIST, 1967); la diminution de ces oxydes vers l'aval est liée à une diminution des apports, due à un drainage moins poussé dans la plaine quaternaire permettant la remobilisation du fer et du manganèse sous leur forme ionique. (fig.30)

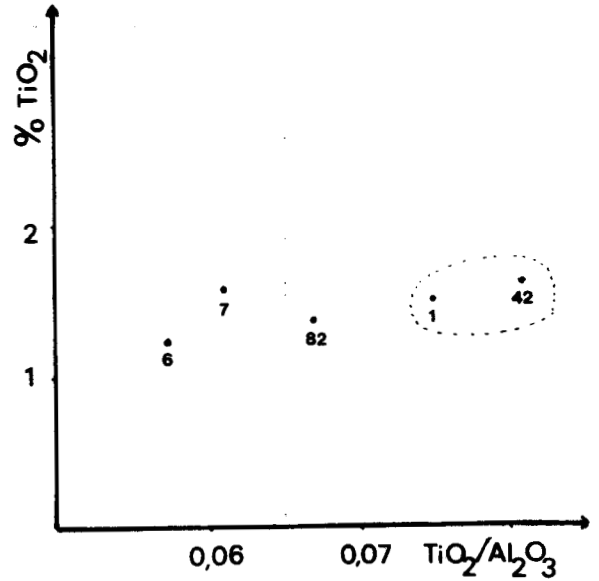
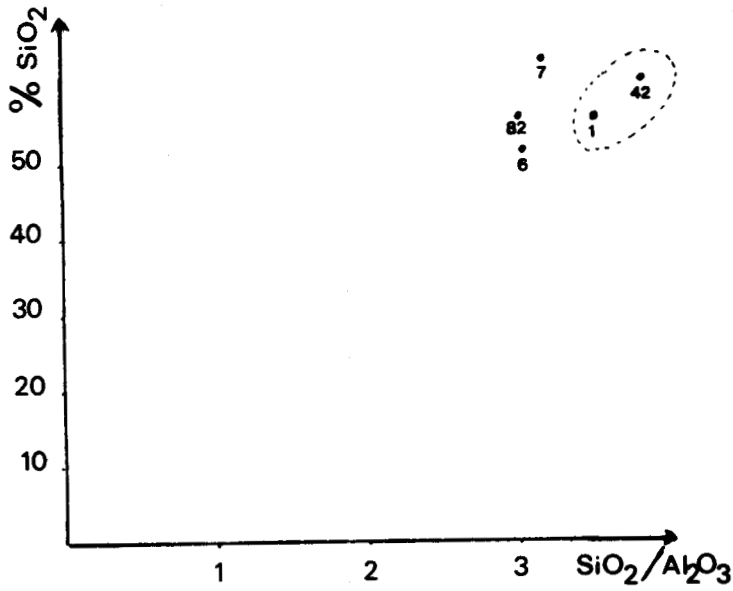


Fig 28 $SiO_2 = f(SiO_2/Al_2O_3)$, fraction fine des échantillons de Bass river.

Fig 29 $TiO_2 = f(TiO_2/Al_2O_3)$, fraction fine des échantillons de Bass river.

(les graphes des figures 28,29,31,33,34,35,39,40,41,et 42 sont établis selon un modèle proposé par LANCELOT et SICHERE,1973)

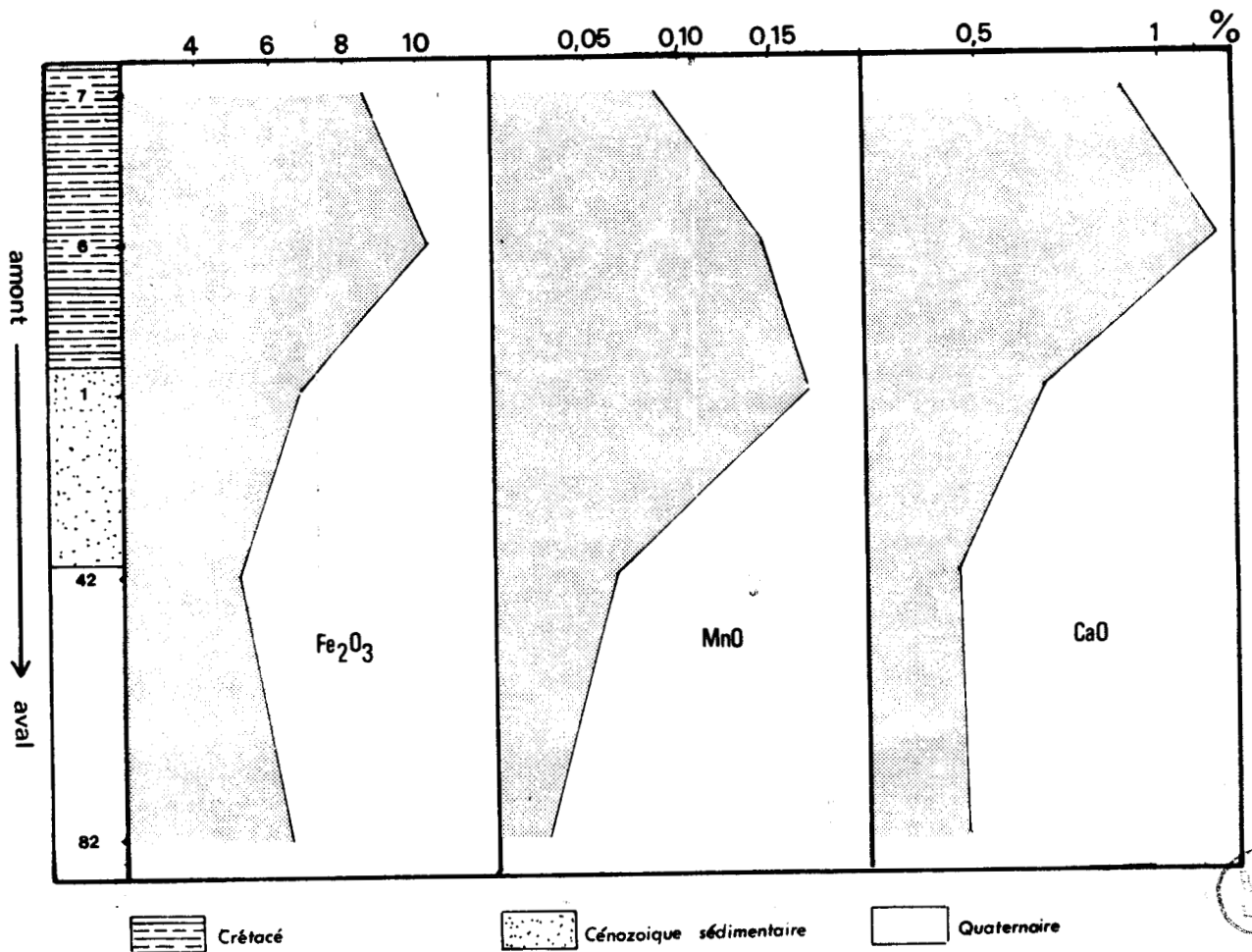


Fig 30 Variation du fer, du manganèse, de la chaux dans la fraction fine des échantillons de Bass river.

La teneur en chaux diminue légèrement vers l'aval; différentes hypothèses sont proposées pour expliquer ce fait. Cet élément peut témoigner de l'existence d'une phase carbonatée résiduelle et leur diminution serait due à une remise en solution du calcium dans les sols, favorisée par un milieu plus réducteur vers l'aval; cependant, on ne connaît pas à l'affleurement de source de matériel carbonaté. La chaux peut, d'autre part, être associée à la phase argileuse; la teneur en chaux diminue simultanément à la smectite. Cette variation serait liée à une remobilisation de la chaux des argiles des sols par les eaux de drainage, plus réductrices à l'aval. (fig.30)

B. Lang lang river

L'étude de *Lang lang river* a été faite sur les trois fractions granulométriques :

a. Fraction fine

On note au niveau des échantillons 9 et 10 un apport de fer, magnésie potasse (9), chaux et titane (10), provenant de l'altération du matériel crétacé et partiellement sans doute des basaltes paléocènes, comme en témoigne l'abondance de fer à l'échantillon 9.

Les échantillons 12 et 44 montrent l'existence d'un apport de silice et de titane en provenance des sédiments cénozoïques et des sables de Cranbourne; l'indépendance du titane vis-à-vis de l'alumine est moins bien marquée que dans *Bass river*. (fig.31)

Le fer marque un maximum à l'échantillon 9; il est à peu près constant dans les autres échantillons. Le manganèse lui, diminue régulièrement vers l'aval. Il existe un apport de matériel manganifère et ferrifère à l'amont, puis une remobilisation progressive du matériel manganésifère dans les sols : les conditions sont moins oxydantes vers l'aval, insuffisamment réductrices, néanmoins pour permettre une dilution du fer (GARRELS et CHRIST, 1967). (fig. 32)

Comme dans *Bass river*, la teneur en chaux diminue vers l'aval, simultanément à la magnésie, jusqu'à l'échantillon 49; ces deux éléments réaugmentent légèrement en 50. On peut, comme dans *Bass river*, émettre l'hypothèse d'une phase carbonatée résiduelle, dont on ne connaît pas cependant d'origine à l'affleurement. Ces éléments peuvent, par ailleurs, être rattachés aux minéraux argileux. Cependant, les mélanges argileux correspondants varient peu vers l'aval. (fig.32)

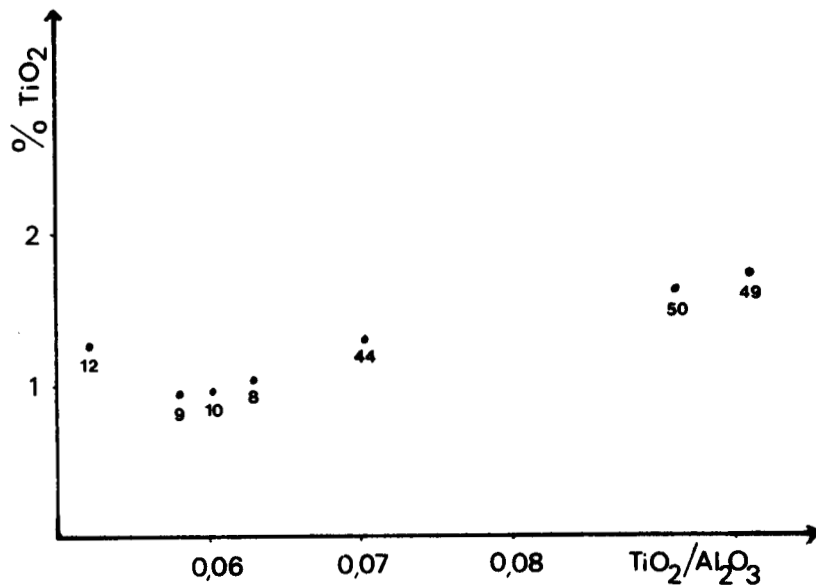


Fig 31 $TiO_2 = f(TiO_2/Al_2O_3)$, fraction fine des échantillons de Lang lang river.

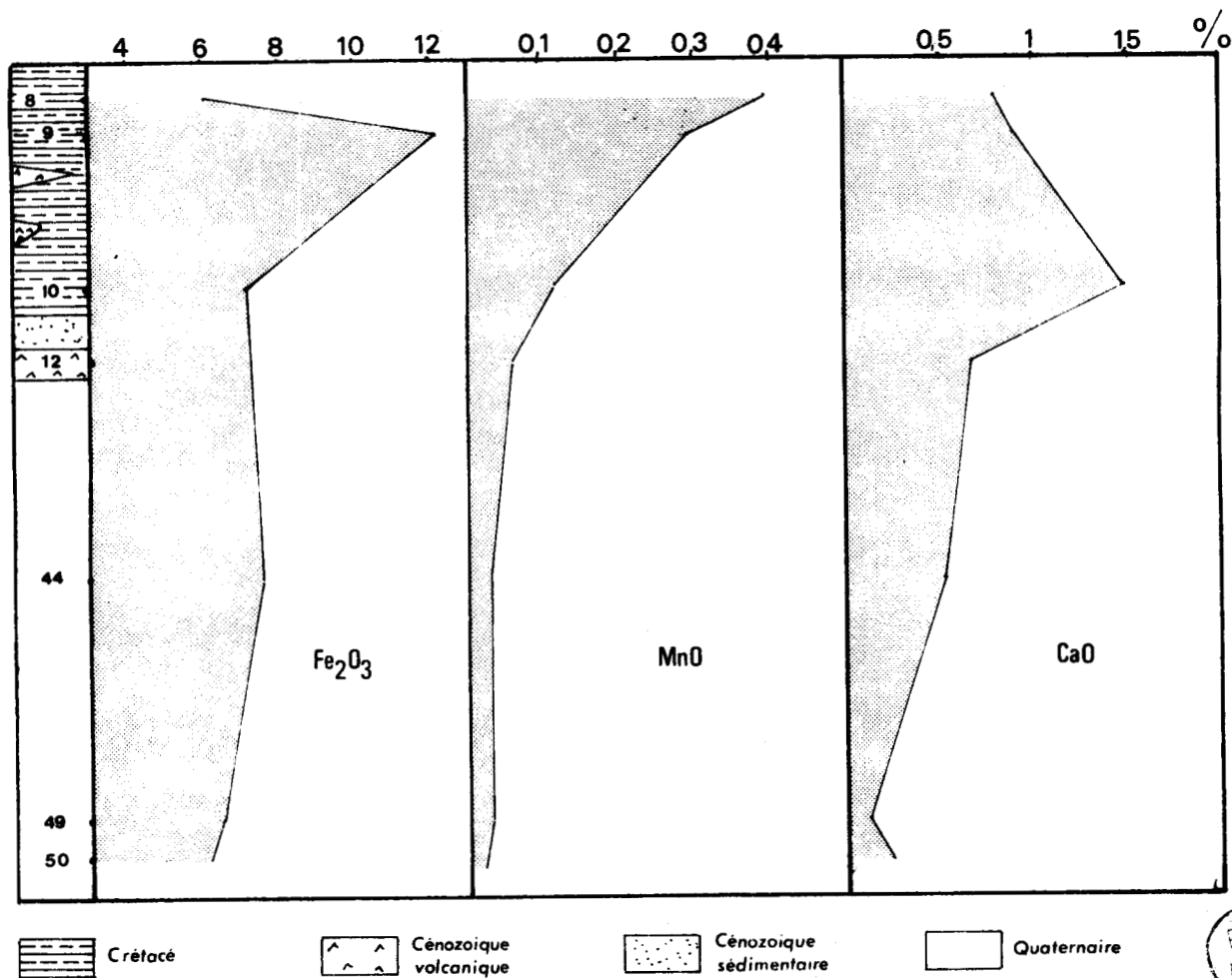


Fig 32 Variation du fer, du manganèse, de la chaux, dans la fraction fine des échantillons de Lang lang river.

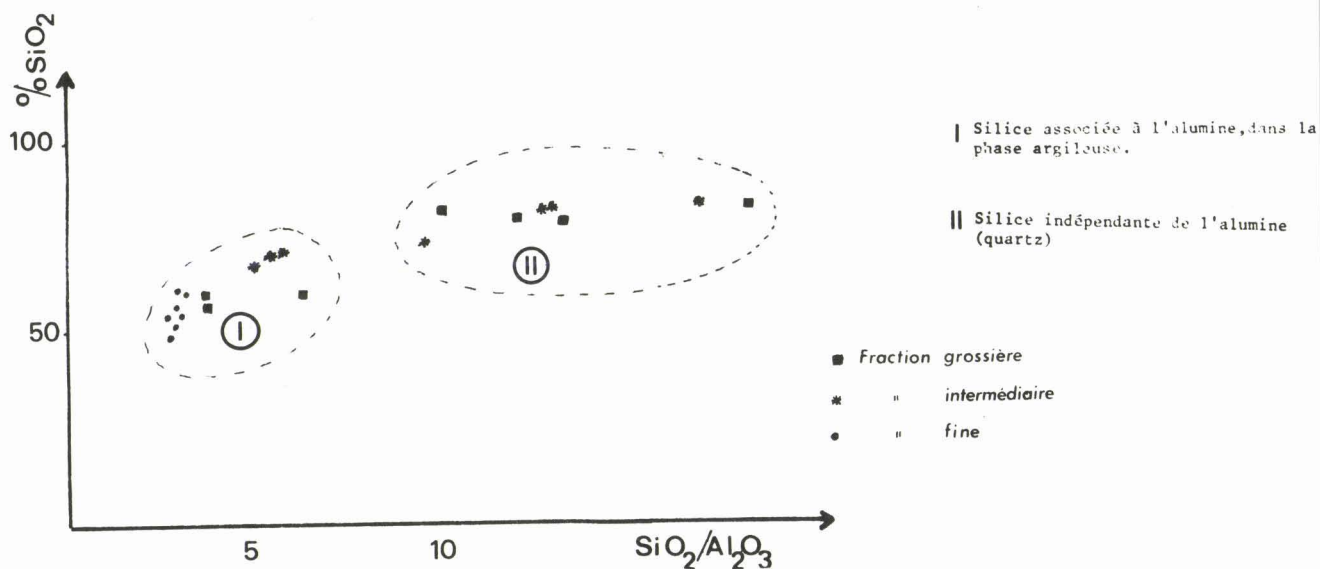


Fig 33 $\text{SiO}_2 = f(\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3)$, différentes fractions des échantillons de Lang lang river.

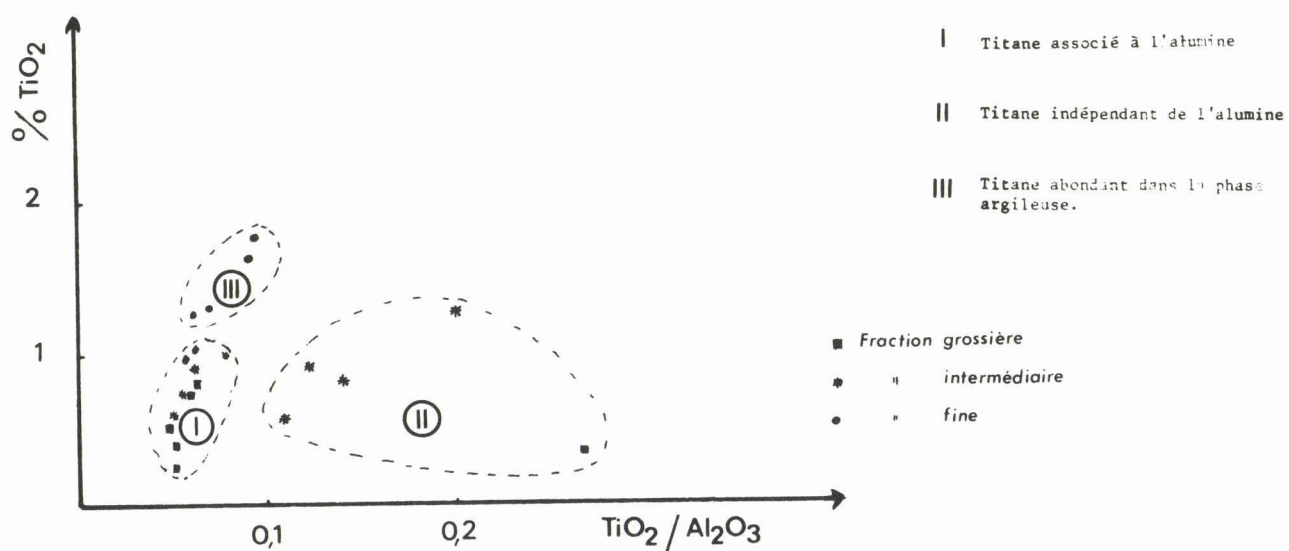


Fig 34 $\text{TiO}_2 = f(\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3)$, différentes fractions des échantillons de Lang lang river.

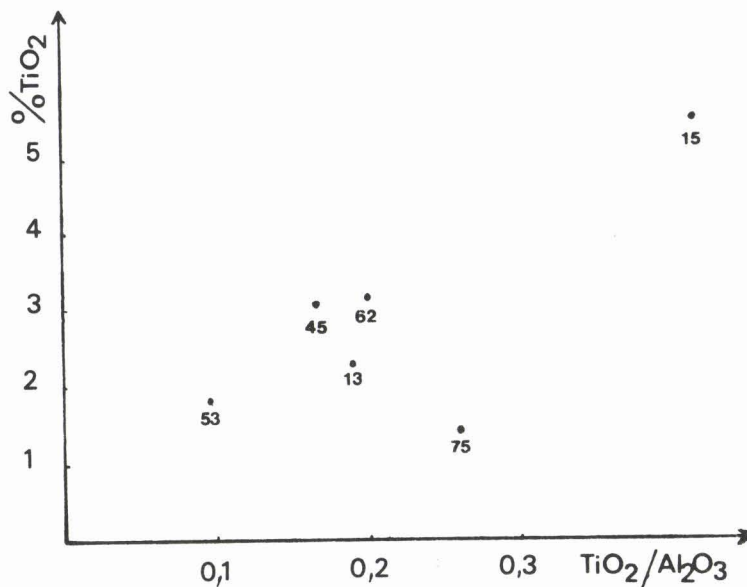


Fig 35 $\text{TiO}_2 = f(\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3)$, fraction fine des échantillons de Yallock Creek.



b. Comparaison entre les différentes fractions granulométriques

Les apports soulignés dans la fraction fine des échantillons de *Lang lang river* sont accompagnés d'apports similaires dans les fractions plus grossières (échantillons 9 et 10).

Au niveau de la plaine quaternaire, la silice est fournie sous forme de silice libre dans les fractions plus grossières (échantillons 12 et 44). L'indépendance du titane par rapport à l'alumine est plus marquée dans les fractions grossières et plus particulièrement dans les fractions intermédiaires. (fig. 33 et fig. 34)

On note en 49 un apport de matériel ferrifère, potassique, magnésien et barrique; ces éléments proviennent probablement des sédiments cénozoïques^{et}, plus particulièrement, des niveaux marquant une ferruginisation importante (GOSTIN, 1966).

Le fer et le manganèse sont moins importants dans les fractions intermédiaires et grossières. Ces éléments tendent à diminuer vers l'aval, probablement en raison de la diminution des apports. Le fer réaugmente notablement en 49, témoignant d'un apport de matériel grossier quartzifère, ferruginisé, provenant des sédiments cénozoïques

c. Vallock creek

L'étude géochimique a été faite sur la fraction fine des échantillons de *Vallock creek*. Il existe, à l'amont de la rivière, à l'échantillon 15, un apport de silice et de titane, provenant de l'altération des grès crétacés; le titane est très abondant et provient vraisemblablement en grande partie du matériel volcanique cénozoïque.

A l'échantillon 13, un apport de matériel ferrifère, manganifère potassique et barrique et magnésien se marque. Le titane est encore très abondant. Ces éléments proviennent de l'altération des basaltes paléocènes.

L'augmentation, à l'échantillon 45, du fer, de la chaux, de la magnésie, du manganèse et du titane peut s'expliquer par le fait que l'échantillon ait été prélevé en période de hautes eaux; la végétation était importante à ce niveau et a pu piégé une partie du matériel apporté de l'amont par la rivière en crue.

Le graphe de la figure 35 montre nettement l'indépendance du titane par rapport à l'aluminium dans les échantillons d'amont. Celui-ci est présent dans ces échantillons sous forme de minéraux lourds.

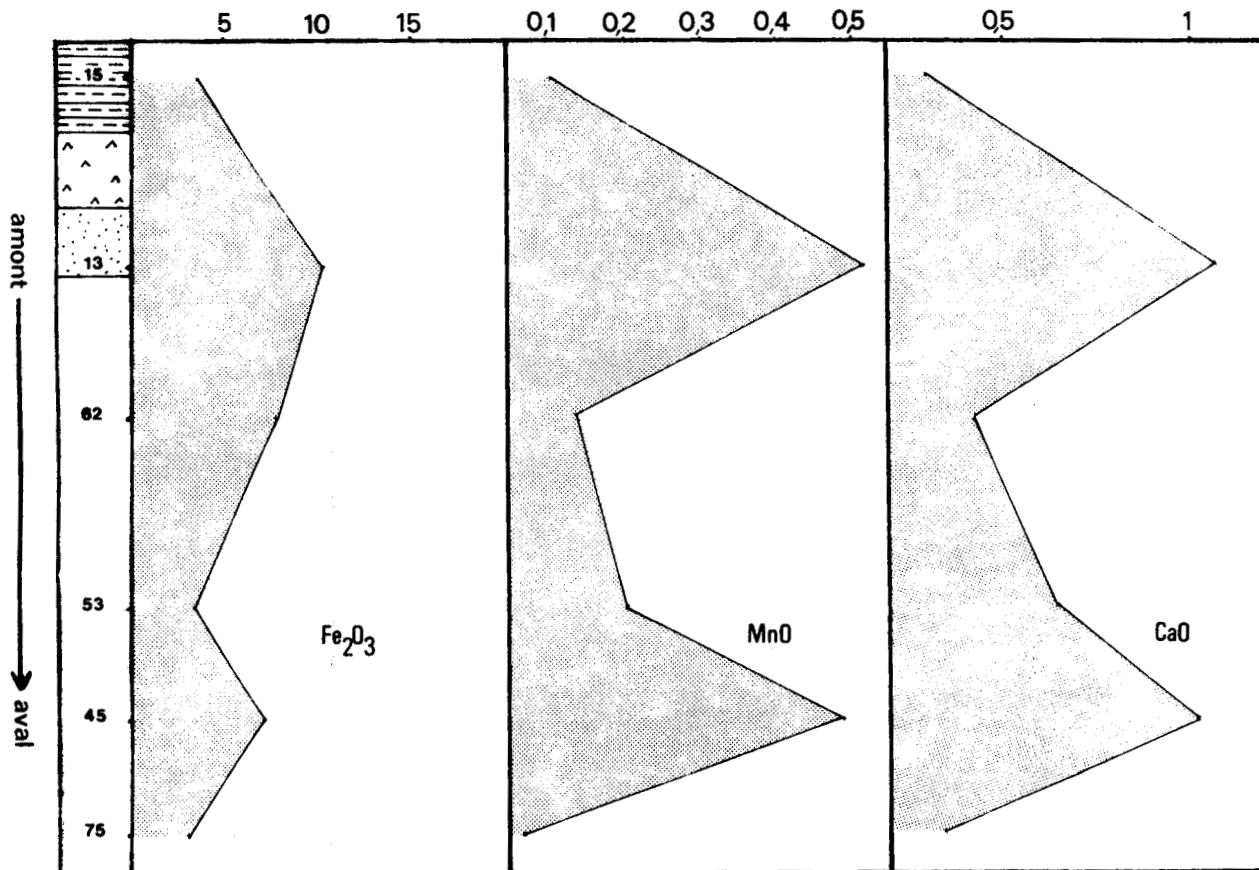


Fig 36 Variations du fer, du manganèse, de la chaux, dans la fraction fine des échantillons de Yallock creek

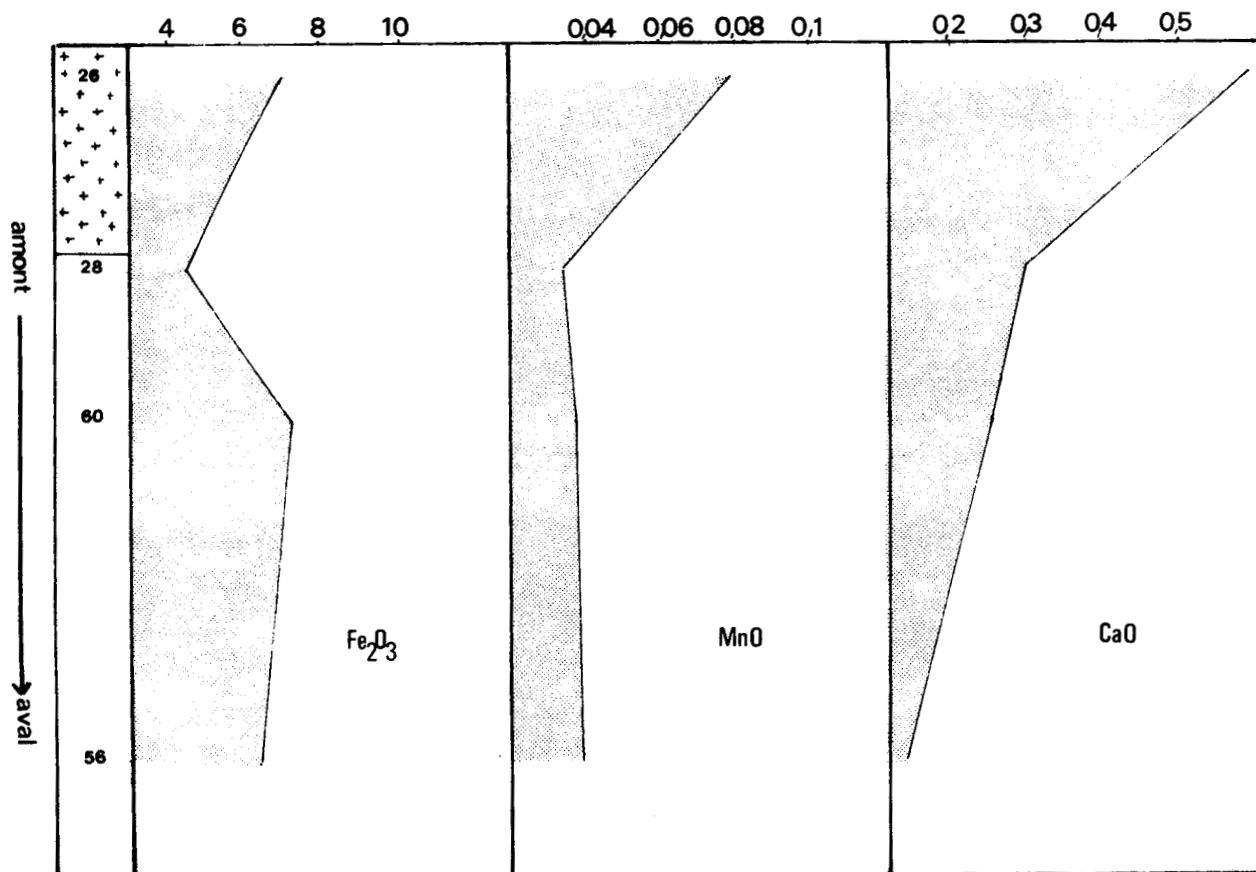


Fig 37 Variations du fer, du manganèse, de la chaux, dans la fraction fine des échantillons de Bunyip river.



De même l'indépendance du titane souligne la provenance amont du matériel apporté à l'échantillon 45, transporté vers l'aval, à la faveur d'un régime de crue de la rivière.

Le fer et le manganèse sont apportés en 13 par le matériel volcanique cénozoïque et transporté jusqu'en 45 par la rivière en crue. Il n'est pas possible d'établir de relation entre la teneur de ces éléments et les conditions pédogénétiques régnant à l'amont et à l'aval dans le bassin d'alimentation de *Vallock creek*. (fig. 36)

2. Zone B

A. Bunyip river

L'étude géochimique a été faite sur la fraction fine des échantillons de *Bunyip river*. A l'amont de *Bunyip river* (échantillon 26), on note un apport de matériel siliceux, potassique, magnésien et calcique.

Ce matériel provient de l'altération du matériel granitique (quartz et micas).

Aucun autre apport notable n'est observé; il existe néanmoins une légère augmentation de la silice par rapport à l'alumine et de la potasse et du titane dans l'échantillon 56, probablement apporté des régions granitiques par les affluents de la rive droite de *Bunyip river* (*Deep creek*).

Le fer varie peu dans *Bunyip river*; il montre une légère augmentation à l'échantillon 60, résultant de la confluence de *Tarago river*. (fig.37)

Le manganèse diminue vers l'aval; ce comportement témoigne, de conditions moins oxydantes dans les sols à l'aval, en raison d'un drainage plus modéré (GARRELS et CHRIST, 1967). (fig.37)

La teneur en calcium diminue aussi progressivement vers l'aval, probablement en relation avec les conditions plus agressives de l'aval dans les sols. (fig.37)

B. Tarago river

La fraction fine des échantillons prélevés à l'amont du réservoir de *Tarago* n'ont pu être analysés quantitativement sur des perles, en raison de leur faible teneur en fraction fine. On a pu cependant, à l'aide des mesures sur les filtres millipores, noter que la silice et la potasse étaient les éléments les plus abondants, témoignant d'un apport de matériel d'origine granitique.

Au niveau de l'échantillon 20, à l'aval du réservoir, on note un apport de calcium, magnésium, titane et manganèse, provenant de l'altération du matériel granitique dévonien, et volcanique cénozoïque.

La teneur en manganèse est très importante dans *Tarago river*; elle peut être liée à un apport de minéraux lourds manganifères par le granite : en effet, lors d'une étude préliminaire des minéraux lourds, on avait noté la présence de tourmaline (S. DUPLAIX, comm. orale). RANKAHAMA et SAHAMA (1950) signalent que ces minéraux peuvent contenir jusqu'à 2 % de manganèse.

C. Cardinia creek

a) Fraction fine

A l'amont de *Cardinia creek*, on note un apport de matériel siliceux et titanifère ainsi que de la chaux, de la magnésie et de la potasse, du fer et du manganèse. Ces différents éléments proviennent de l'altération du massif granitique (quartz, feldspath, micas).

A l'échantillon 65, un nouvel apport se marque (moins important toutefois qu'à l'amont) en silice, titane, chaux, magnésie, potasse, fer et manganèse. Cet apport peut provenir partiellement du matériel cénozoïque sédimentaire dont l'érosion est favorisée par la gorge qu'y découpe la rivière

Le fer et le manganèse abondants à l'amont marquent un maximum à l'échantillon 34, traduisant à ce niveau des conditions plus oxydantes, associées à un drainage important dans les sols, favorisé par une pente prononcée (GARRELS et CHRIST, 1967). En arrivant dans la plaine quaternaire la teneur en fer est légèrement plus faible ainsi que celle du manganèse; cette variation témoigne de conditions moins favorables au maintien de ces éléments sous leur forme oxydée (drainage plus modéré); on note en 65 une légère augmentation du manganèse vraisemblablement liée à une alimentation par les sédiments cénozoïques (fig. 38).

b) Comparaison des différentes fractions granulométriques

Simultanément à l'apport de matériel dans les fractions fines, il existe, à l'échantillon 36, un apport de matériel plus grossier, de nature siliceuse, potassique et magnésienne; par ailleurs, en 65, un apport de matériel siliceux grossier se manifeste, en provenance, soit du matériel cénozoïque sédimentaire, soit des sables quaternaires de Cranbourne.

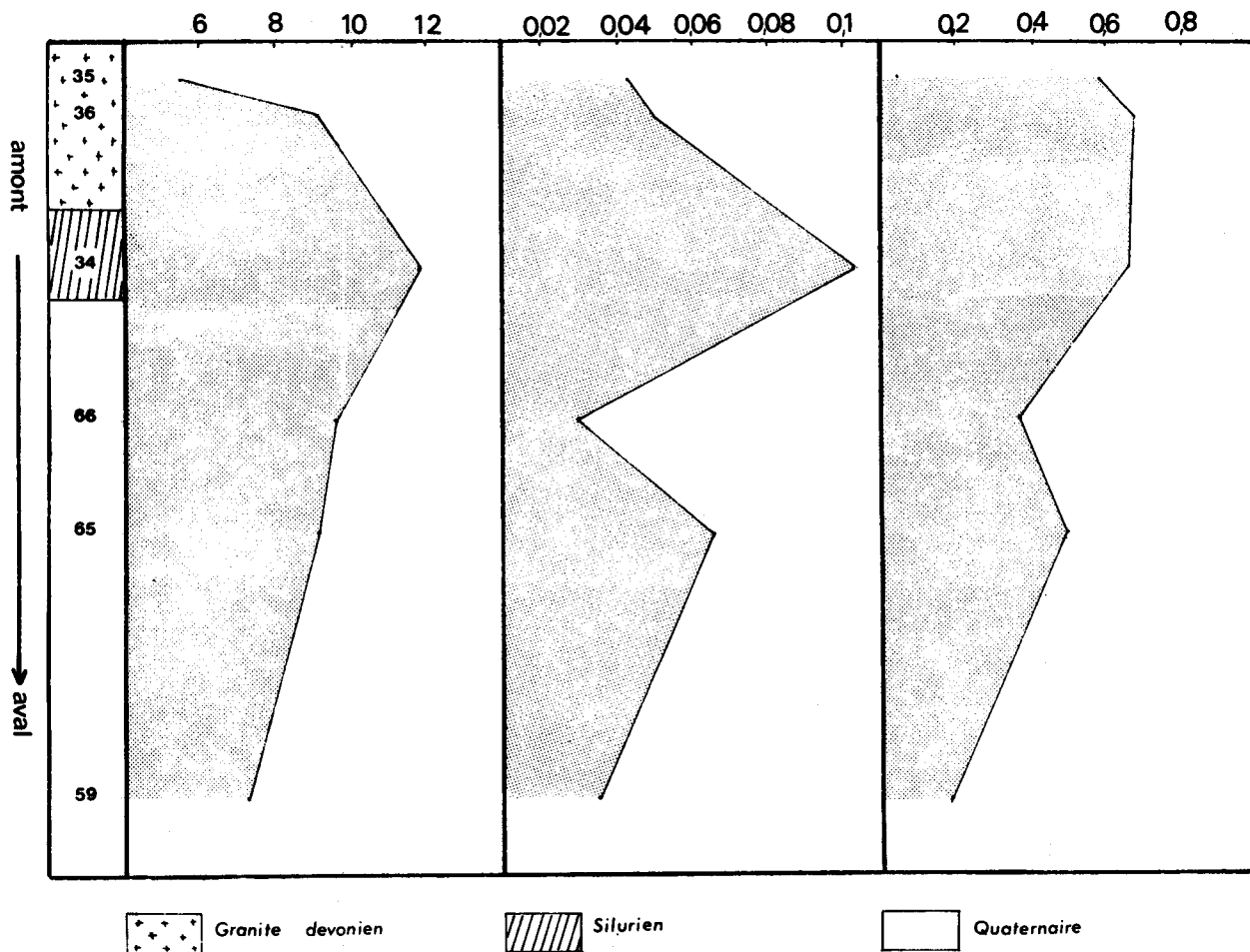


Fig 38 Variation du fer, du manganèse, de la chaux, dans la fraction fine des échantillons de Cardinia creek.

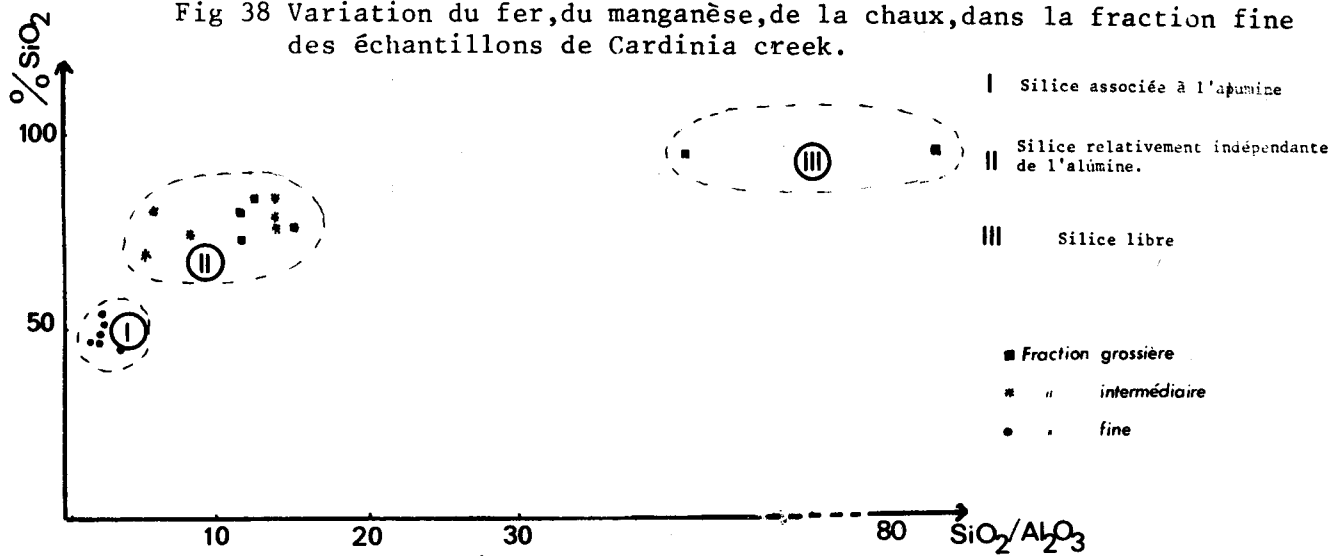


Fig 39 $SiO_2 = f(SiO_2/Al_2O_3)$, différentes fractions des échantillons de Cardinia Creek.

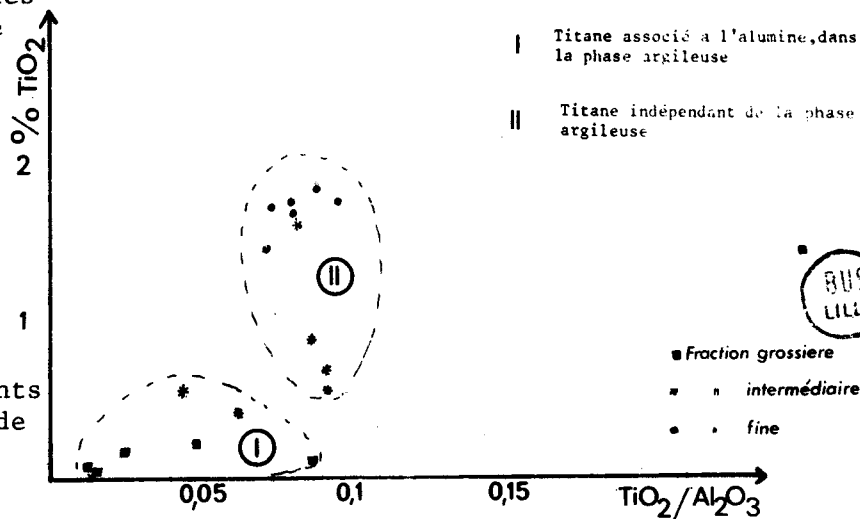


Fig 40 $TiO_2 = f(TiO_2/Al_2O_3)$, différentes fractions des échantillons de Cardinia Creek.

Les apports ferrifères et mang^anifères dans les fractions grossières sont moins marqués que dans *Lang lang river* .

On note l'indépendance du matériel siliceux grossier apporté par *Cardinia creek*, plus particulièrement dans les échantillons 34 (provenant des grès siluro-dévonien) et 59 (provenant des plages côtières et du large)(Fig.39)

Cependant, le titane est davantage lié à l'alumine dans les fractions grossières des échantillons de *Cardinia creek* que dans celles de *Lang lang river*. (Fig.40)

3. Baie

A. Nord-Est de la baie

a) fraction fine

Les variations des différents éléments dans la baie sont beaucoup moins marquées que dans les rivières.

L'apport en silice est de faible amplitude; elle est légèrement plus abondante dans les échantillons situés au large de *Lang lang river* et *Vallock creek*, plus particulièrement dans l'échantillon Co30.

De même, le titane et la potasse sont plus abondants dans ces échantillons; la magnésie est au contraire plus abondante dans les échantillons au large de *Bunyip river* et *Cardinia creek*. Le calcium est moins abondant dans les fractions fines que dans les rivières.

La teneur en chaux marquait une diminution dans les sédiments prélevés aux embouchures des rivières; la chaux diminue encore dans la baie, témoignant d'une remobilisation du calcium, par l'eau de mer, en liaison avec des conditions plus agressives, ou par des organismes coquillers.

La répartition des éléments chimiques dans la région Nord-Est de la baie semble témoigner de l'existence d'une alimentation par les différentes rivières; le matériel fin apporté par *Lang lang river* et *Vallock creek* subit un tri à son arrivée dans la baie, tel que les particules plus lourdes soient rapidement déposées et le matériel plus léger partiellement entraîné par le courant.

Le matériel apporté par *Bunyip river* et *Cardinia creek*, quant à lui, est rapidement déposé dès son arrivée dans la baie.

La teneur en fer est peu élevée, dans la partie Nord Est de la baie; celui-ci est légèrement plus abondant dans l'échantillon CoR₁ et les échantillons au large de *Vallock creek* et *Lang lang river*; le manganèse

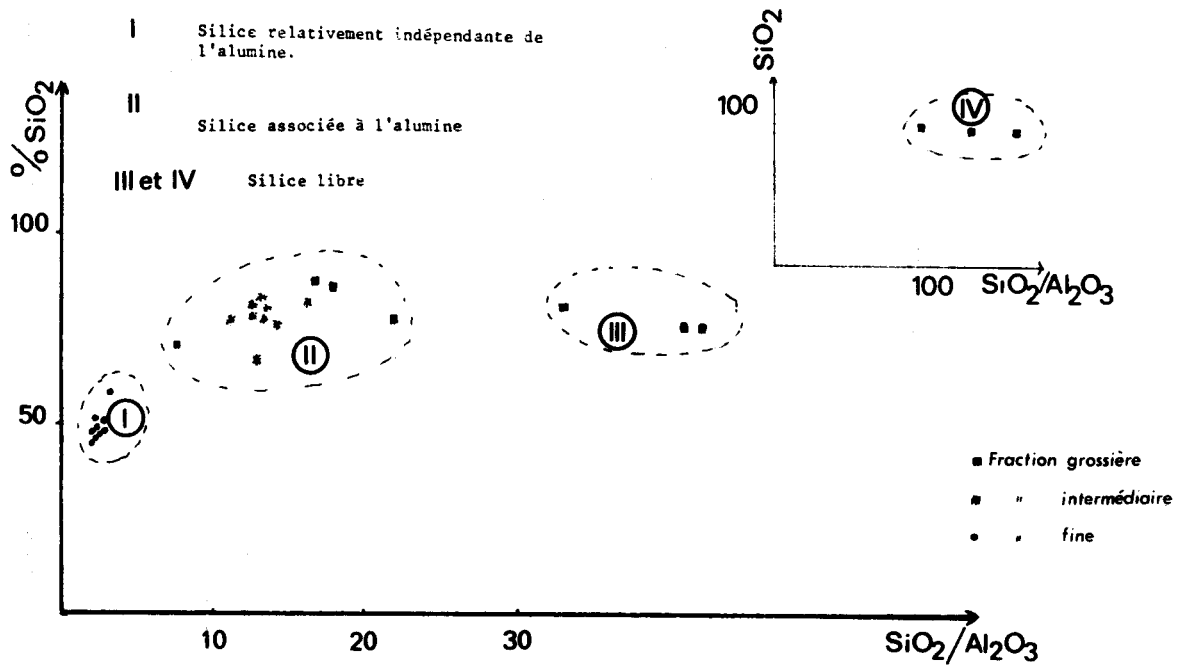


Fig 41 SiO₂=f(SiO₂/Al₂O₃) ,différentes fractions ,échantillons de la baie, Nord Est

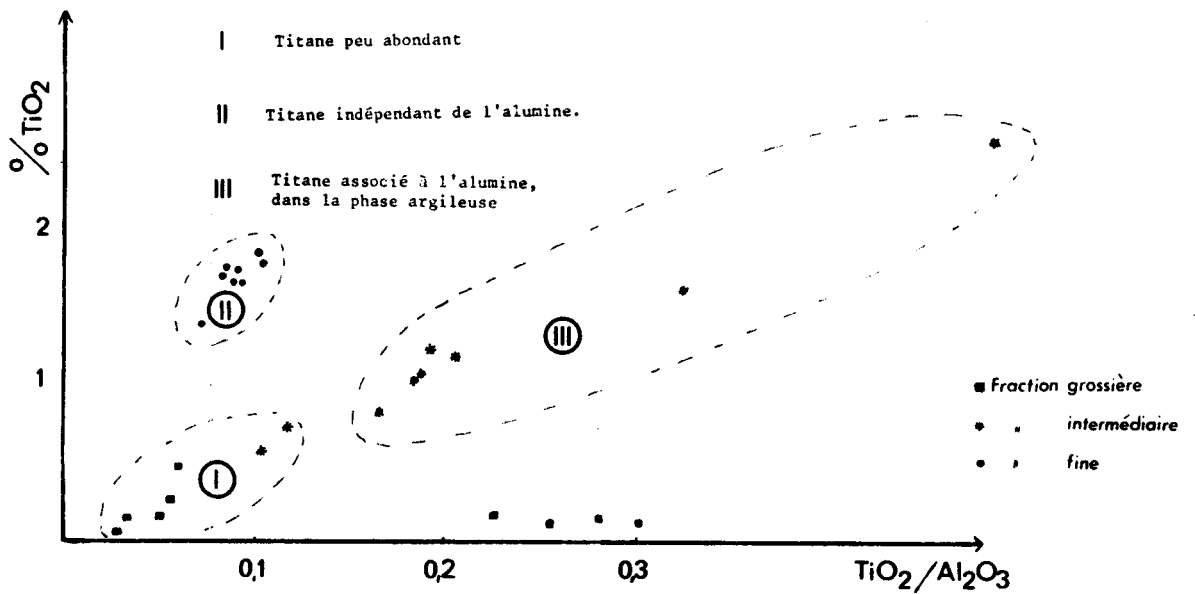


Fig 42 TiO₂=f(TiO₂/Al₂O₃) ,différentes fractions,échantillons de la baie, Nord Est

n'est pas décelable.

Leurs teneurs respectives, dans les échantillons prélevés à l'aval des rivières étaient faibles et l'apport à la baie de matériel ferrifère et manganifère dans les sédiments limité. La variation de la teneur en fer témoigne néanmoins de conditions peu oxydantes dans la baie. Celles-ci sont cependant légèrement plus oxydantes au large de *Lang lang river* et de *Vallock creek*, probablement en raison du courant, provoquant une turbulence du milieu de sédimentation (GARRELS et CHRIST, 1967).

b) Comparaison des différentes fractions granulométriques

On note dans les fractions grossières l'existence d'apport de différentes natures généralement plus marqués dans les échantillons Co21 et Co26, Co27, Co28, au large de *Vallock creek* et *Lang lang river*.

Il existe un apport de titane, de fer, de magnésie et de potasse dans les fractions intermédiaires et grossières des échantillons au large de *Vallock creek* et *Lang lang river*.

Une teneur plus élevée en chaux se marque dans la fraction grossière des échantillons Co21, Co27, et Co28.

La construction du graphe de la figure 41 permet de souligner le fait que la silice apportée dans les fractions intermédiaires et grossières est indépendante de l'alumine et donc indépendante de la phase argileuse.

L'apport de titane se fait préférentiellement dans la fraction intermédiaire sous forme de minéraux lourds, distincts de la phase argileuse. Dans la fraction fine, au contraire, le titane est associé aux argiles. (fig.42)

L'abondance de chaux dans les fractions grossières des échantillons Co21, Co27 et Co28 témoigne de l'existence dans ces échantillons d'une phase carbonatée, associée à la présence d'organismes coquillers.

B. Au large de Bass river

a) fraction fine (fig.43)

La variation de la composition géochimique de la fraction fine des échantillons prélevés au large de *Bass river* est liée à l'existence d'une phase carbonatée importante; cette phase carbonatée est surtout

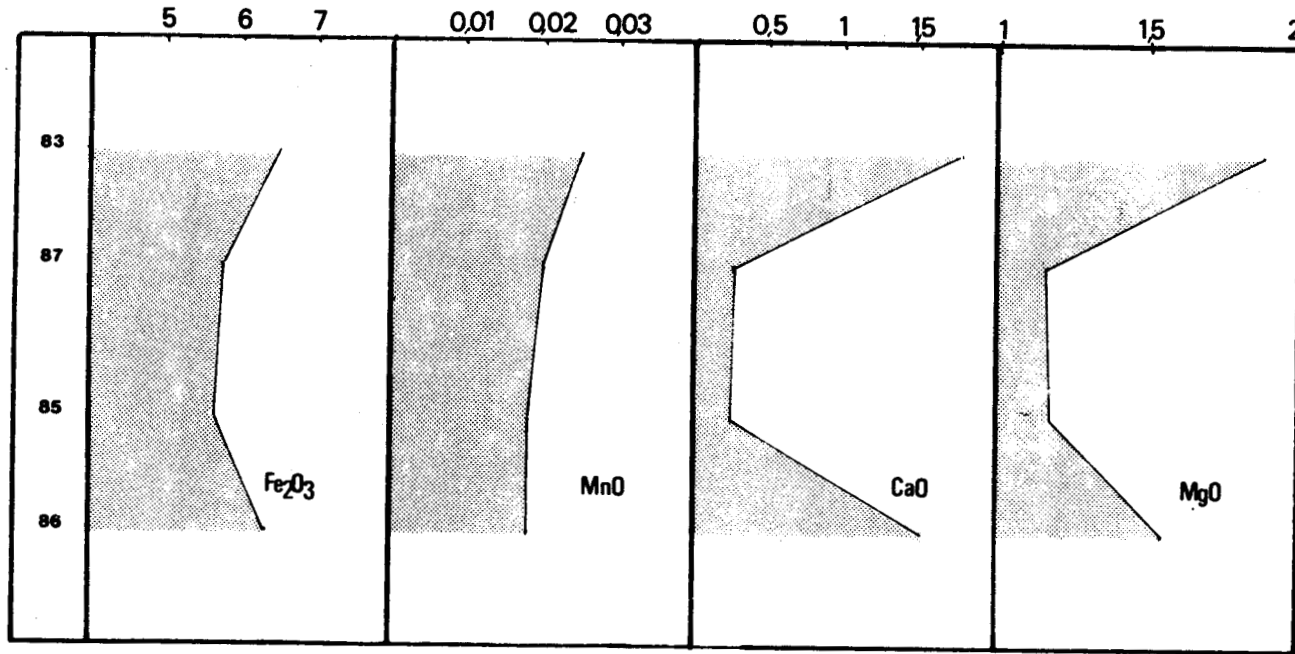


Fig 43 Variation du fer, du manganèse, de la chaux et de la magnésie dans les échantillons prélevés au large de Bass river.

développée dans les échantillons 83 et 87 comme en témoigne l'abondance de la chaux et de la magnésie dans ces échantillons; elle est cependant présente dans les autres échantillons dont la teneur en chaux et en magnésie est encore relativement élevée.

La silice, le titane, la potasse et le baryum varient inversement à la phase carbonatée et traduisent l'existence d'un apport de matériel détritique par *Bass river*.

La teneur en fer et en manganèse varie peu et témoigne de l'existence d'apports par *Bass river*; la présence de manganèse sous sa forme oxydée dans les sédiments traduit des conditions plus oxydantes (GARRELS et CHRIST, 1967) que dans la zone Nord-Est de la baie, probablement favorisée par la turbulence créée par les courants qui se manifestent dans la baie (HARRIS et al., 1979).

b) Comparaison des différentes fractions granulométriques

Les différentes fractions soulignent l'existence de cette phase carbonatée, plus particulièrement la fraction grossière de l'échantillon 86, soulignée par une teneur élevée en CaO, MgO et Fe₂O₃.

On note dans ces échantillons l'existence d'un apport de nature siliceux et titanifère, le titane étant préférentiellement fourni dans la fraction intermédiaire.

III - COMPARAISON DES RESULTATS DE L'ETUDE GEOCHIMIQUE ET DE L'ETUDE PETROGRAPHIQUE

La figure 44 résumé les principales observations géochimiques.

1. Marquage des types minéralogiques à l'aide d'éléments chimiques

A. Minéraux argileux

a) Illite

La présence d'illite bien cristallisée dans les échantillons prélevés à l'amont des rivières de la zone B est soulignée par la présence en abondance de matériel potassique; la nature potassique de l'ion interfoliaire de l'illite bien cristallisée a été signalée par de nombreux auteurs (GRIM, 1953; BROWN, 1961, CAILLIERE, HENIN, 1963).

b) smectite

Le marquage de la smectite par un élément chimique est plus délicat, en raison des multiples formules chimiques qu'elle peut présenter (GRIM, 1953; BROWN, 1961).

Fig. 7

GEOLOGIE DE LA REGION DE WESTERN PORT

analyses sur perle
analyses sur filtre millipore

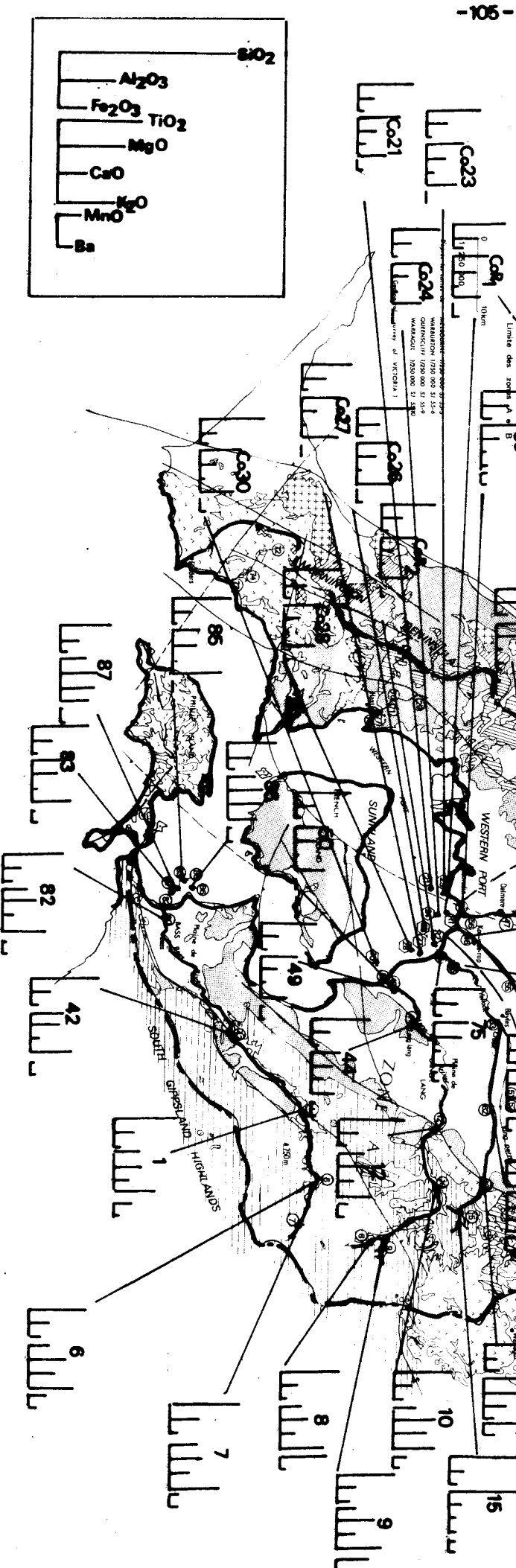
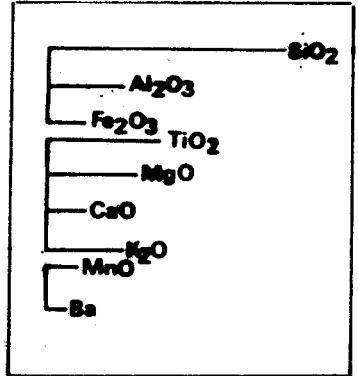
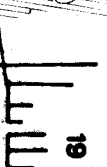
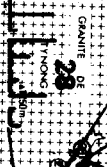
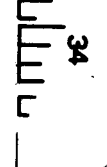
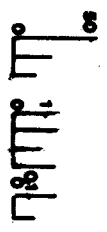


Fig. 44 Variations géochimiques dans la fraction fine des échantillons du bassin d'alimentation et dans la baie de Western Port



La faible teneur en chaux et en magnésie dans les fractions fines et l'absence de sources de matériel carbonaté à l'affleurement dans les bassins versants de *Bass* et *Lang lang river* permettent de supposer que la phase carbonatée est absente de cette fraction et que ces éléments sont incorporés dans la phase argileuse.

La diminution simultanée de la chaux et de la smectite dans les échantillons de *Bass river* a été observée. L'hypothèse d'une nature calcique du cation interfoliaire de la smectite fournie par le matériel crétacé ou son sol d'altération, à *Bass river* est proposé; la diminution de la chaux vers l'aval serait lié à sa remobilisation sous forme ionique, ou par les composés organiques des sols, en liaison avec des conditions légèrement plus agressives notées dans la plaine quaternaire.

Dans *Lang lang river* cependant le schéma est différent : la chaux diminue vers l'aval mais la smectite est encore abondante en raison d'un apport provenant du matériel volcanique cénozoïque; cette smectite d'origine volcanique serait indépendante de la chaux.

B. Autres minéraux

On a noté l'existence de titane, en amont des rivières de *Bass river* et *Lang lang* dans la fraction fine et dans la plupart des échantillons, dans la fraction intermédiaire; ce titane évolué indépendamment de l'alumine, probablement apporté sous forme de minéral lourd, du type rutile, ou ilménite, signalé par GOSTIN (1966) dans les sédiments cénozoïques ou sous forme d'anatase, dont la présence fréquente dans la fraction fine des sols est soulignée par HUTTON (1978). L'occurrence préférentielle du titane dans la fraction intermédiaire a été soulignée par REISON (1975) dans les sédiments de *Mallacoota inlet*.

Un apport important de minéraux lourds titanifères est aussi notable à l'amont de *Vallock creek*, en provenance du matériel volcanique cénozoïque; il se marque encore dans la baie, au large de cette rivière.

Dans les régions granitiques, au contraire, le titane varie de façon simultanée à la phase argileuse, dont l'aluminium est l'élément témoin. La présence de minéraux lourds titanifères se marque préférentiellement dans la fraction intermédiaire des échantillons.

La présence de manganèse a d'autre part été signalée, en quantité importante dans *Tarago river*; on a rattaché celui-ci à la présence de minéraux lourds de type tourmaline, en provenance du matériel granitique.

Par ailleurs, on a mis en évidence la présence de matériel siliceux variant indépendamment de la phase argileuse, dans les fractions intermédiaires et grossières, mais aussi dans la fraction fine; celui-ci témoigne d'un apport quartzifère, notamment en amont des régions granitiques, en piedmont des collines, et par les terrains cénozoïques sédimentaires (la présence de ce quartz a été notée lors de l'analyse minéralogique).

2. Corrélation des résultats pétrographiques et géochimiques

A. Apports en provenance des différents types de patrie alimentatrice

On avait souligné dans l'étude minéralogique l'apport de différents types de minéraux argileux, reflétant la nature des roches-mères : il existe un apport de matériel smectitique par le matériel crétacé ou son profil d'altération; simultanément on observe un apport de silice dans la phase "résistante" si le drainage est suffisamment intense et de matériel ferrifère, magnésien et calcique; ces derniers éléments sont probablement associés à la phase argileuse, et peut être partiellement à la phase résistante (CHESTWORTH, 1973).

La smectite provient aussi en partie du matériel volcanique cénozoïque. La contribution de celui-ci se marque géochimiquement par un apport plus important de matériel ferrifère, magnésien, potassique et titanifère.

La contribution du matériel cénozoïque sédimentaire est variable et n'est pas marqué par un apport de nature argileuse; en revanche, on note un apport de matériel siliceux libre et de minéraux lourds titanifères et localement de fer et de manganèse, apporté par le matériel grossier ferrugineux.

Les régions granitiques fournissent un matériel potassique (associé aux illites et à la vermiculite), calcique et siliceux (associé aux quartz et aux feldspaths).

B. Effet de la pédogenèse

L'effet de la pédogenèse, associé à un drainage important, se manifeste par des apports de silice libre par les sols d'amont (PEDRO, JAMAGNE, BEGON, 1969; PEDRO, 1968; EHRART, 1973).

Il se traduit aussi par les variations de la teneur en fer et en manganèse, généralement plus élevée en amont des rivières où le drainage important permet leur maintien sous forme oxydée, dans les sols.

A l'aval, la teneur en ces éléments diminue, le drainage étant plus modéré dans la plaine et les conditions moins oxydantes. L'apport de fer et manganèse à la baie est limité.

C. Effet de l'hydrodynamisme

L'existence d'un tri mécanique se manifeste dans les rivières par le dépôt rapide du matériel grossier dès l'amont, ainsi que le dépôt du matériel fin siliceux et titanifère au piedmont des collines (marqué aux échantillons 1 et 42 dans *Bass river*, 12 dans *Lang lang river*), le transport des sédiments est fonction du régime de la rivière (échantillon 45, dans *Vallock creek*).

L'effet du tri mécanique est important dans la baie, tel que les particules plus lourdes soient déposées à leur arrivée dans la baie et que les particules plus légères soient entraînées par les courants.

CONCLUSION A L'ETUDE GEOCHIMIQUE

Un certain nombre de marqueurs géochimiques ont permis de mettre en évidence dans les sédiments des rivières et de la baie de *Western Port*:

- l'existence d'une filiation entre les patries alimentatrices et les sédiments,
- l'influence de l'évolution pédogénétique sur la nature de ces sédiments,
- l'action d'un tri mécanique par le milieu transporteur dans les rivières et dans la baie

Ces résultats viennent confirmer ceux de l'étude pétrographique, en précisant l'effet des différents facteurs de sédimentation sur les éléments géochimiques.

En outre, cette étude permet de préciser la nature des sédiments, en définissant l'importance relative des différentes phases géochimiques dans les différentes fractions, et le comportement de ces phases en fonction des facteurs définis précédemment.

Les trois facteurs principaux se marquent sur la composition de la phase argileuse. L'effet du tri hydrodynamique est moins facilement mis en évidence dans la phase argileuse.

La phase oxydée est plus particulièrement le témoin des variations des conditions pédogénétiques; cependant l'existence d'apport de sources diverses peut engendrer des variations dans cette phase.

Enfin, les variations de la composition de la phase résistante sont essentiellement fonction des apports; l'effet du tri hydrodynamique se manifeste néanmoins dans les rivières, plus particulièrement sur les fractions grossières et dans la baie.

Conclusion générale

CONCLUSION GENERALE

I - SYNTHESE DES RESULTATS

1. Etude pétrographique

L'analyse minéralogique des argiles et l'étude de quelques aspects pétrographie des quartz ont permis de déterminer dans le bassin d'alimentation de *Western port* l'existence d'une zonéographie des apports reflétant les différentes patries alimentatrices; cette zonéographie est soulignée par les propriétés de thermoluminescence des quartz.

Le matériel fourni par ces différentes patries alimentatrices est soumis à l'influence de la pédogenèse : l'action du climat tempéré-chaud et humide régnant sur la région de *Western port*, combiné à l'action de la morphologie, régit les modalités de l'altération des roches-mères.

Enfin la dynamique des milieux de transport et de sédimentation considérés engendre une sélection mécanique du matériel détritique fourni. Ce fait est mis en évidence plus particulièrement dans la baie, par la composition minéralogique des argiles. L'existence de variations du régime hydrodynamique dans les rivières est soulignée par l'étude exoscopique des quartz.

2. Etude géochimique

L'étude géochimique souligne l'existence, dans les sédiments de différentes phases dont le comportement reflète l'action des différents paramètres définis lors de l'étude pétrographique.

Les variations de la phase argileuse marquent essentiellement les variations dans des apports et de l'importance de la pédogenèse dans les bassins versants.

La phase "résistante" est principalement le reflet des apports détritiques; elle permet cependant dans une certaine mesure, de souligner l'existence d'un tri mécanique par le milieu du transport; l'intensité de la pédogenèse peut influencer sa composition.

La phase oxydée représente un bon marqueur des variations pédogénétiques. Elle peut cependant être influencée par des apports détritiques.

La phase carbonatée est surtout développée dans la baie, en relation avec la présence d'organismes coquillers.

La comparaison des différentes fractions granulométriques permet d'observer d'autre part que le tri mécanique opère sur le matériel sédimentaire une sélection dimensionnelle et minéralogique (en relation avec la densité).

3. Carte de synthèse

La carte de la figure 45 résume l'action des différents paramètres sur les sédiments du bassin d'alimentation de *Western port* et dans la baie.

L'origine des apports détritiques de nature diverse est mise en évidence, ainsi que les variations de l'intensité de la pédogenèse de l'amont vers l'aval.

L'effet du tri mécanique se marque un peu dans les rivières, mais surtout dans la baie.

II - INTERET DE CETTE ETUDE DANS LE CADRE DU "WESTERN PORT BAY ENVIRONMENTAL STUDY"

Cette étude apporte des données nouvelles à l'étude sur l'environnement de *Western port*, entreprise depuis 1973 par le *Ministry of Conservation* en précisant la nature des sédiments actuels dans le bassin d'alimentation de *Western port* et dans la baie.

1. Apport à l'étude sédimentologique et dynamique de la baie (MARSDEN, 1979)

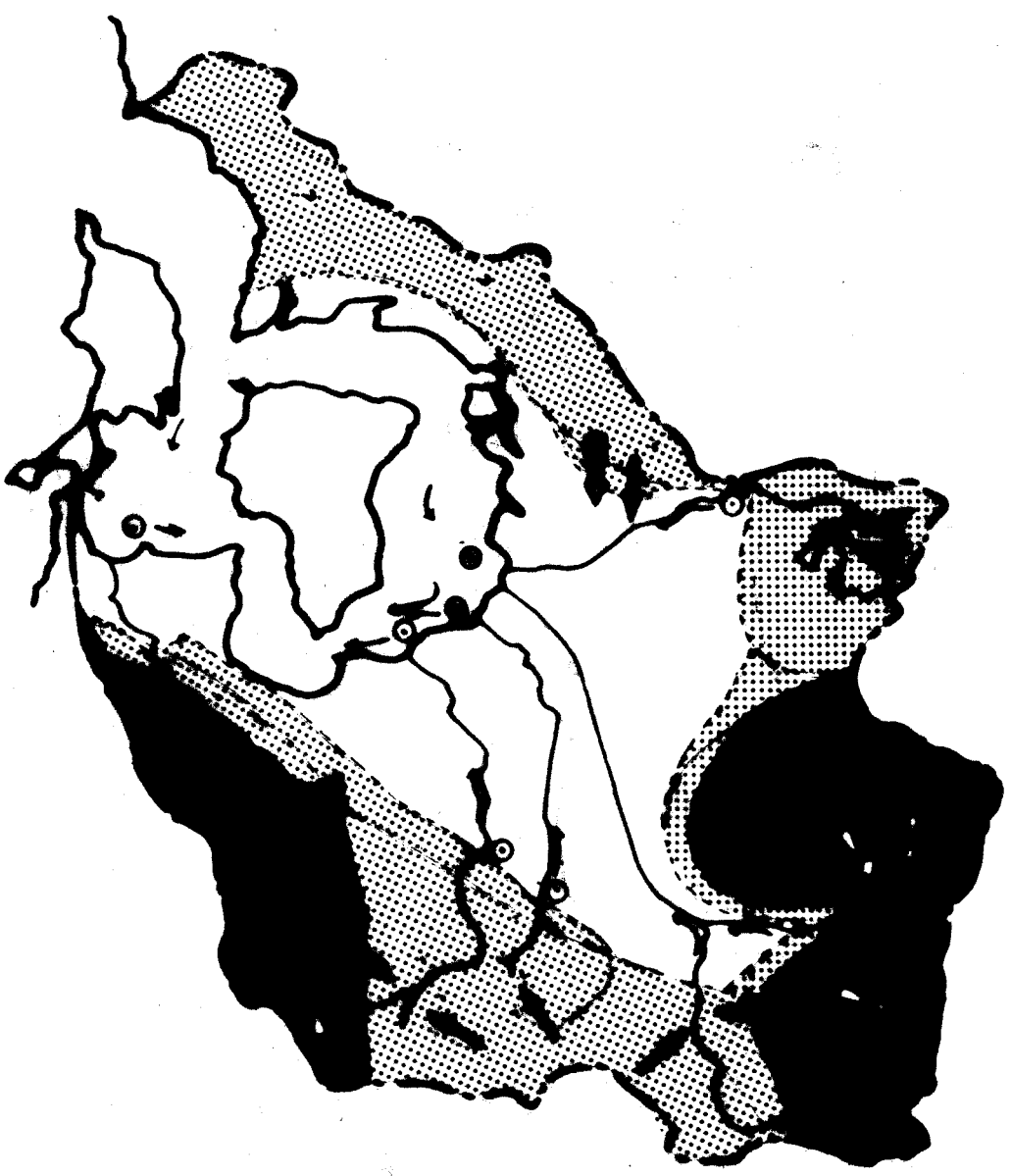
Cette étude a permis de mettre en évidence l'existence d'apport de matériel sédimentaire par toutes les rivières étudiées.

Le devenir de ces sédiments dépend du régime des courants : en l'absence de courants, les sédiments apportés par la baie se déposent rapidement, à une faible distance de la côte (comme c'est le cas au large de *Bunyip river* et *Cardinia creek*). Par contre, si le courant existe, il opère sur les sédiments un tri mécanique (minéralogique et dimensionnel), tel que le matériel plus fin et plus léger soit entraîné par le courant, tandis que le matériel plus grossier et plus lourd se dépose plus rapidement.

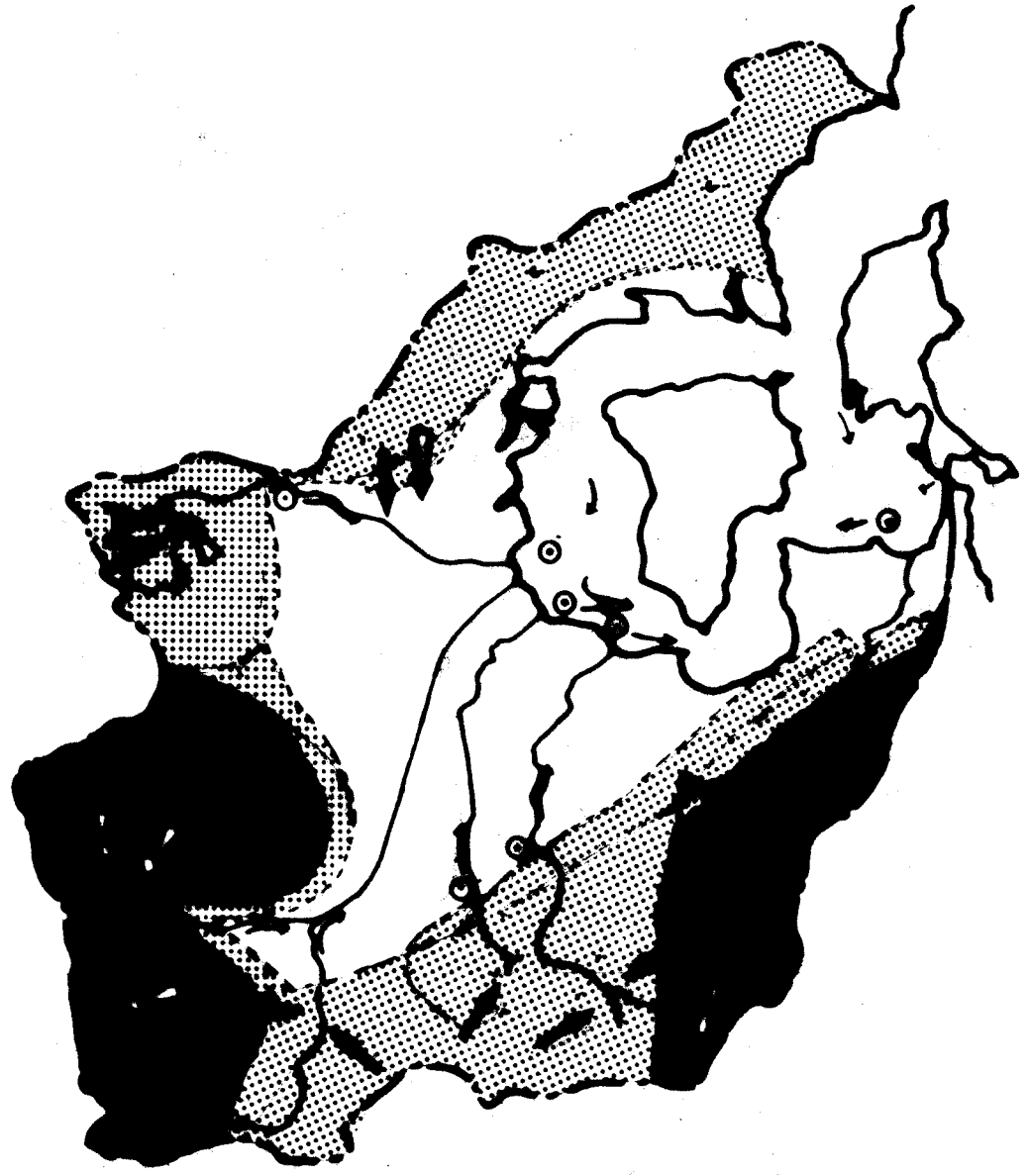
Fig. 48 Carte synthétique des données relatives aux tétraés péromorphiques et géochimiques de sédiments des rivières et de la baie de Hudson Nord.



- Pérolgènes internes
- ▨ Pérolgènes externes
- Pérolgènes mixtes
- ↙ apport de Fe_2O_3 , CaO , CaO (sans TiO_2 , Al_2O_3 oxydés et résiduels)
- ↘ apport de SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 (sans résiduels)
- ⊙ apex du matériel lourd et granuleux
- entassement du matériel fin et léger



- établissement de nouvelles lignes de chemin de fer
- sites de nouvelles lignes de chemin de fer
- ↳ (ligne existante)
↳ (ligne de 805 100 000 de longueur)
↳ (ligne de 100 000 000 de longueur)
- ▭ hydrographie existante
- ▨ hydrographie nouvelle
- hydrographie ancienne



Montagne 1941
 et hydrographie de nouveaux des lignes et de la part de
 C'est hydrographie qui donne naissance à la ligne hydrographique



rainage artificiel et
 ort en zone semi-
 e dans le bassin

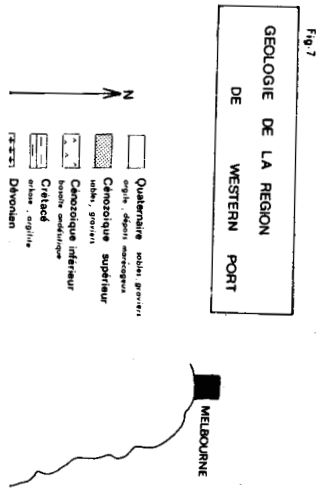
nèse plus intense et
 provoquant une augmentation
 la baie par une dispa-
 vestiges dans les niveaux
 proposée par MARSDEN
).

ue et géochimique des
 terminer les facteurs

ans certaines zones
 s bassins versants de
 hé dans la baie;
 es, des sols, des
 à préciser le problème
 la baie, et le moyen de

pper l'étude minéralogique
 baie, parallèlement à
 HARRIS, HINWOOD, MARSDEN

de la présente étude
 être développés (étude
 uminescence, étude des
 nées).



2. Effet de l'aménagement par l'homme

Le déboisement, la création d'un système de l'aménagement progressif de la région de *Western* urbaine, a contribué à une modification du drain d'alimentation dans *Western port*.

Cela a provoqué le développement d'une pédologie facilité l'érosion des sols et de la roche-mère, des apports détritiques; ceux-ci se marquent dans la dégradation de la flore aquatique dont on retrouve des formes inférieures des carottes. Cette hypothèse avait été avancée par HARRIS (1977) et HARRIS, HINWOOD, MARSDEN, STERNBERG (1977).

III - PERSPECTIVES OUVERTES PAR CETTE ETUDE

Ce travail a permis, par l'étude pétrographique des sédiments, dans les rivières et dans la baie de *Western* qui régissent leur nature et leur distribution.

Une étude plus détaillée de l'alluvionnement du bassin d'alimentation, plus particulièrement de *Bunyip river* et *Cardinia creek* et de leur débouché par un échantillonnage systématique des roches-mères alluvions et des sédiments en suspension, aidera à contrôler la disparition de la végétation herbeuse, dans le but de contrôler la sédimentation.

D'autre part, il serait intéressant de développer l'analyse géochimique des sédiments dans l'ensemble de la région. L'étude de la dynamique de la baie, entreprise par STERNBERG, 1979).

En complément des méthodes employées au cours de l'étude d'autres aspects de l'étude des sédiments pourront être utilisés: la thermoluminescence artificielle et microthermoluminescence, le traitement informatique des données.

Fig 7
GÉOLOGIE DE LA RÉGION
DE
WESTERN
PORT

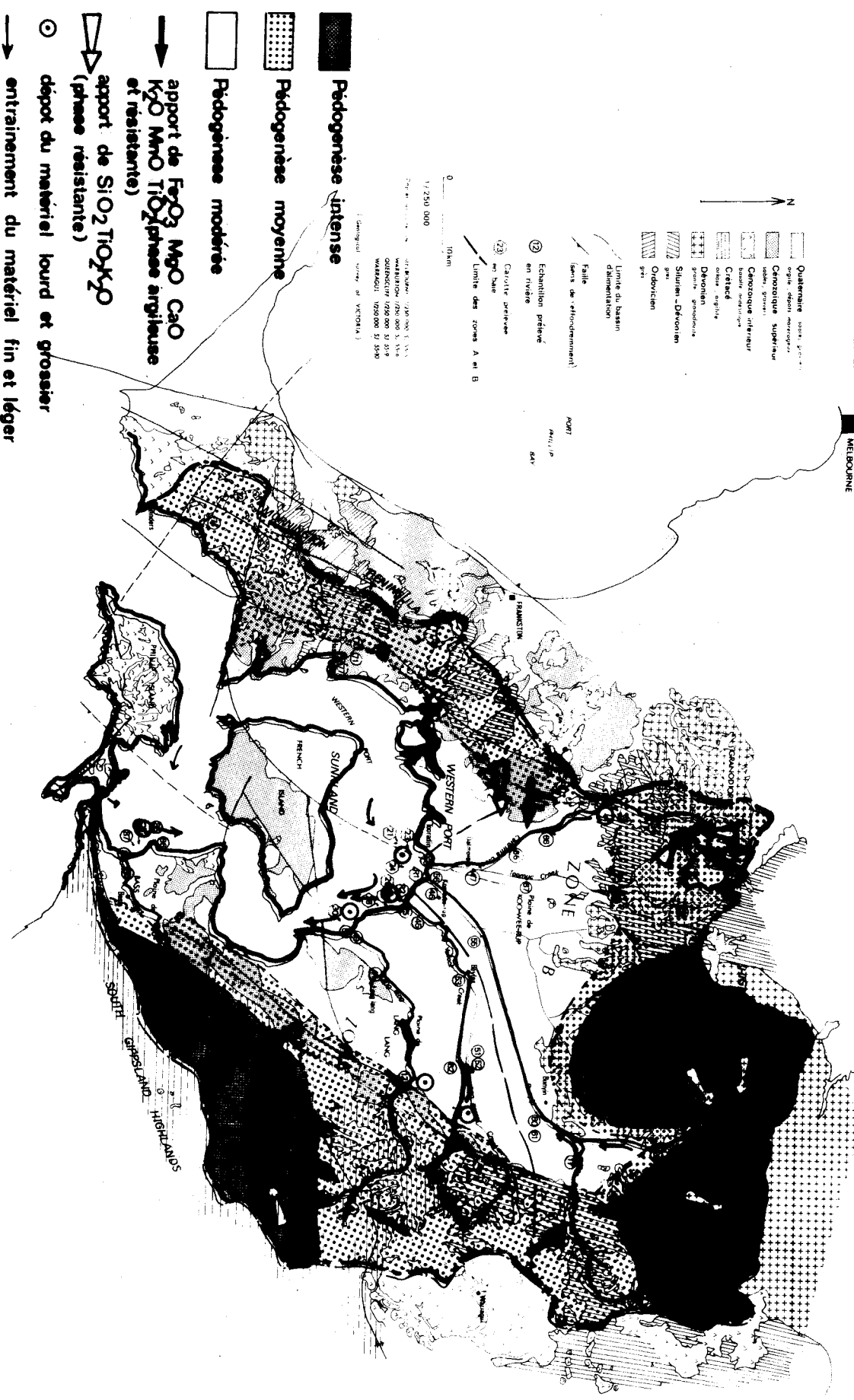


Fig 45 Carte synthétique des données acquises par l'étude pétrographique et géochimique de sédiments des rivières et de la baie de Western Port.



2. Effet de l'aménagement par l'homme

Le déboisement, la création d'un système de drainage artificiel et l'aménagement progressif de la région de *Western port* en zone semi-urbaine, a contribué à une modification du drainage dans le bassin d'alimentation dans *Western port*.

Cela a provoqué le développement d'une pédogenèse plus intense et facilité l'érosion des sols et de la roche-mère, provoquant une augmentation des apports détritiques; ceux-ci se marquent dans la baie par une disparition de la flore aquatique dont on retrouve des vestiges dans les niveaux inférieurs des carottes. Cette hypothèse avait été proposée par MARSDEN (1977) et HARRIS, HINWOOD, MARSDEN, STERNBERG (1979).

III - PERSPECTIVES OUVERTES PAR CETTE ETUDE

Ce travail a permis, par l'étude pétrographique et géochimique des sédiments, dans les rivières et dans la baie de déterminer les facteurs qui régissent leur nature et leur distribution.

Une étude plus détaillée de l'alluvionnement dans certaines zones du bassin d'alimentation, plus particulièrement des bassins versants de *Bunyip river* et *Cardinia creek* et de leur débouché dans la baie; par un échantillonnage systématique des roches-mères, des sols, des alluvions et des sédiments en suspension, aiderait à préciser le problème de la disparition de la végétation herbeuse, dans la baie, et le moyen de contrôler la sédimentation.

D'autre part, il serait intéressant de développer l'étude minéralogique et géochimique des sédiments dans l'ensemble de la baie, parallèlement à l'étude de la dynamique de la baie, entreprise par HARRIS, HINWOOD, MARSDEN STERNBERG, 1979).

En complément des méthodes employées au cours de la présente étude d'autres aspects de l'étude des sédiments pourrait être développés (étude de thermoluminescence artificielle et microthermoluminescence, étude des minéraux lourds, traitement informatique des données).

BIBLIOGRAPHIE

LISTE DES ABREVIATIONS UTILISEES

- Adv. X ray Analysis* : Advanced X ray Analysis.
Annu. Progr. Rep. : Annud Progression Report
Aust. Petrol. Expl. Assoc. J.: Australian Petroleum Exploration Association Journal.
Aust. Soc. Expl. Geophys. Bull.: Australian Society of Exploration in Geophysics
Bull. B.R.G.M.: Bulletin du Bureau de Recherches Geologiques et minières ^{Bulletin}
Bull. Centr. Rech. Pau, SNPA: Bulletin du Centre de Recherche de Pau. Société
Nationale des Pétroles d'Aquitaine
Bull. Gr. français des Argiles: Bulletin du Groupe français des Argiles
Bull. Serv. Carte Geol. d'Alsace-Lorraine: Bulletin du Service de la Carte Géologique
C.R. Ac. Sc. : Comptes-rendus de l'Académie des Sciences ^{d'Alsace-Lorraine}
Earth Sc. Rev.: Earth Sciences Review
Geochim. Cosmichim. Acta : Geochimica et Cosmochimica Acta
Geol. Soc. Am. Bull.: Geological Society of America Bulletin.
Geol. Soc. of Australia: Geological Society of Australia
Geol. Surv. Vic.: Geological Survey Victoria
Journ. of Sed. Petrol.: Journal of Sedimentary Petrology
Journ. of Soil Sc. : Journal of Soil Sciences
Marine Geol.: Marine Geology
Mem. Serv. Carte Geol. d'Alsace-Lorraine: Mémoires du Service de la Carte Géologique
d'Alsace Lorraine
Proc. Roy. Soc. Victoria : Proceeding of the Royal Society of Victoria
Proc. of the 7th Conf. on Clays and clays minerals: Proceeding of the 7th Conference
on Clays and clays minerals
Rev. de Geogr. Phys. et de Geol. dyn. : Revue de Géographie Physique et de Géologie
Sci. Geol. Bull. : Sciences Géologiques, Bulletin. ^{dynamique}
Soc. géol. Nord : Société Géologique du Nord
Soil. Sc. : Soil Sciences
-

BIBLIOGRAPHIE

- ABELE C., GLOE C.S. HOCKING J.B., HOLDGATE G., KENLEY P.R., LAWRENCE C.R.,
RIPPER D., THRELFALL W.F. (1976).- Tertiary, in "Geology of Victoria", Chap.8,
Ed. J.G. DOUGLAS and J.A. FERGUSON. *Geol. Soc. Australia*, Special publication,
n°5.
- ANONYME (1975).- Soil survey; Western port bay environment study. Report for the
period 1973-1974. Director M.A. SHAPIRO, Ministry for conservation, Victoria
p. 1-58.
- ALOISI J.C., CHARLET J.M. (1975).- Intérêt de la thermoluminescence dans l'étude
de l'alimentation en quartz du golfe du Lion. *Rev. Géogr. physique et de Géol.
dynamique*, (2), vol. XVIII, fasc. 1, p. 23-38.
- ALOISI J.C., CHARLET J.M. et WIBER M. (1977).- La thermoluminescence des quartz
détritiques est-elle influencée par leur propriétés exoscopiques? Examen de
quelques échantillons du domaine du golfe du Lion. *Rev. Géogr. physique et de
Géol. dynamique*, (2), vol. XIX, fasc. 3, p. 251-258.
- BISCAYE P.E. (1965).- Mineralogy and sedimentation of recent deep seq clay in the
Atlantic Ocean and adjacent seas and oceans. *Geol. Surv. of America*, Bull. V,
76, p. 605-832.
- BROWN G. (1961).- The X ray identification and crystal structure of clay minerals.
Mineralogical Society, Clay Minerals group, London.
- BROWN D.A., CAMPBELL K.S.W., CROOK F.A.M., (1969).- The geological evolution of
Australia and New Zealand, *Pergamon Press*.
- BUTCHER A.D. (1979).- The Western Port Bay environment study. *Marine Geol.*, v. 30,
n° 1-2, p. 1-10.
- CAILLERE S. et HENIN S. (1964).- Minéralogie des argiles. *Masson Ed.*, Paris.
- CAMEZ R. (1962).- Etude sur l'évolution des minéraux argileux dans les sols des
régions tempérées. *Mém. Serv. Carte Géol. Alsace Lorraine*, n° 20, 90 p.
- CARROLL D. (1970).- Clay mineral : a guide to their identification. *Geol. Soc. Am.*,
special paper, 126, 80 p.
- CHAMLEY H. (1966).- Guide des Techniques du Laboratoire de Géologie marine. *Fac.
Sc. Marseille*, Station marine d'Endoume et Centre d'Océanographie.
- CHAMLEY H. (1971).- Recherches sur la sédimentation argileuse en Méditerranée.
Thèse Sc. Nat., Univers. Aix-Marseille.
- CHAMLEY H., FROGET C.H., PORTIER J. (1973).- Minéraux argileux des roches, sols et
sédiments fluviatiles dans le bassin du Haut-Verdon (Alpes de Haute-Provence).
Sci. Géol., Bull. 26, 4, p. 279-303, Strasbourg.

- CHAMLEY H. et PORTIER J. (1974).- Minéraux argileux des roches, sols, sédiments fluviatiles dans le bassin versant de l'Ubaye (Alpes de Haute-Provence). *Bull. Gr. Français des Argiles*, t. XXVI, p. 127-138.
- CHARLET J.M. (1963).- La thermoluminescence des roches : son utilité en géologie. *Ann. Soc. géol. Nord*, t. LXXXIII, 3^o trimestre, p. 243-258;
- CHESTWORTH W. (1973).-The residua system of chemical weathering; a model for the chemical break down of silica rock at the surface of the earth. *Journ. of Soil Sci.*, 24, p. 69-81.
- CLAISSE F., SAMSON C. (1962).- Heterogeneity effects in X ray analysis. *Adv. X ray analysis.*, v. 5, p. 335-354.
- CRADDOCK C. (1977).- The evolution and fragmentation of Gondwana land. *4th International Gondwana Symposium*, Calcutta, India, Janv. 1977, Sect.VIII, 17 p.
- DONALDSON A.K., MARSDEN M.A.H. (1977).- Facies and bottom sediment characteristics of Western port. Report to Western Port Bay regional study. *Environment studies Section, Ministry for conservation*, Victoria, Australie.
- DOUGLAS J.G., FERGUSON J.A. (1976).- Geology of Victoria, *Geol. Soc. of Austr.* Special Publication, n^o5.
- DOUGLAS J.G., ABELE C., BENEDEK S., DETTMAN M.E., KENLEY P.R., LAWRENCE C.R. (1976).- Mesozoic in "Geology of Victoria", Chapt.7, Ed. Douglas J.G., FERGUSON J.A. *Geol. Soc. of Australia*, Special Publication n^o5.
- DEBYSER J. (1959).- Contribution à l'étude géochimique des vases marines. *Thèse Sc. nat.*, Paris.
- DUCHAUFOUR P. (1977).- Pédologie. I. Pédogenèse et classification. Ed.MASSON, Paris.
- DUNOYER DE SEGONZAC G., TARDY Y., MILLOT G. (1970).- Evolution symétrique des micas au cours de l'altération superficielle et de la diagenèse profonde. *Bull. Gr. français des argiles*, t. XXII, fasc. 1, p. 51-68.
- EHRAHRT (1973).- Itinéraires géochimiques et cycle géochimique du silicium (Katamorphisme des silicates primaires). Genèse et évolution de la silice de néoformation. Douin Ed., Paris.
- FALVEY D.A. (1974).- The development of continental margins in plate tectonic theory. *Austr. Petrol. Expl. Assoc.*, J. 14, (2), p. 95-106.

- FLANAGAN F.J. (1973).- 1972 values for international geochemical reference samples. *Geochim. Cosmochim. Acta*, vol. 37, p. 1189-1200.
- GRIFFITHS J.R. (1971).- Continental Margin tectonics and the evolution of S.E. Australia. *Aust. Petrol. Explor. Assoc. J.*, II, (2), p. 75-79.
- GRIFFITHS J.R. (1974).- Revised continental fit of Australia and Antarctica. *Nature*, 249, p. 336-337.
- GOSTIN V.A. (1966).- Tertiary stratigraphy of the Mornington district, Victoria, *Proc. Roy. Soc. Victoria*, 79, (2), p.
- GRIM R.E. (1968).- Clay mineralogy. Mc Graw Hill NY. International series in the earth and planetary sciences.
- GARRELS R.M., CHRIST C.L. (1967). Equilibre des minéraux et de leurs solutions aqueuses. Gauthiers Villars Ed., Paris, 327 p.
- GAUTHIER A., CHAMLEY H., ROUX M., ACQUAVARIA M. (1977).- Formation du cortège détritique argileux au log du bassin versant du Fium'Orbo (Corse). *C.R. Ac. Sc., Paris*, t. 284, série D., p. 2339-2342.
- GIBBS R.J. (1977).- Clay minerals segregation in the marine environment. *Journ. of Sed. Petrol.*, vol. 47, n° 1.
- GOLDSCHMIDT V.M. (1945).- The geochemical background of minor element distribution. *Soil Sc.*, 60, p. 1-7.
- GRIFFIN J.J., WINDOM H., GOLDBERG E.D. (1968).- The distribution of clay minerals in the World Ocean. *Deep sea research*, vol. 15, p. 433-459.
- HUTTON J.T. (1977).- Titanium and zirconium minerals. In J.B. DIXON and S.B. WEED (Eds). *Minerals in Soil Environments. Soil Science Society of America, Madison*, p. 673-688.
- HARRINGTON H.J., BURNS K.L., THOMPSON B.R., OZOLINS A.P. (1974).- Regional geology of Victoria in relation to satellite imagery. A preparatory study. *Investigation report n° 106, CSIRO Mineral research laboratories (Div. of Mineral Physic and Mines department). Geol. Surv. of Vict.*
- HARRIS J.E., HINWOOD J.B., MARSDEN M.A.H., STERNBERG R.W. (1979).- Water movement, sediment transport deposition, Western Port Victoria. *Marine Geol.*, 30, 1/2, p. 131-162.
- HARRIS J.E., ROBINSON J.B. (1979).- Circulation in Western Port, Victoria as deduced from salinity and relative silica distribution. *Marine Geol.*, 30, 1/2, p. 101-116.

- HAUKKA M.T., THOMAS I.L. (1977).- Total X ray fluorescence analysis of geological samples using a low dilution lithium metaborate fusion method. Matrix corrections for major elements. *X ray Spectrometry*, V. 6, n°4, p. 204-211.
- HINWOOD J.B. (1979).- Hydrodynamic and transport models of Western Port, Victoria. *Marine geol.*, 30, 1/2, p. 117-130.
- HINWOOD J.B., JONES J.C.E., (1979).- Hydrodynamic data from Western Port, Victoria, Australia. *Marine geol.*, 30, 1/2, p. 47-63.
- HAYES D.E., RINGIS J. (1973).- Sea floor spreading in the Tasman sea. *Nature*, v. 243, p. 454-458.
- HURLEY P.M., LEE J.H., FAIRBAINR H.W., PINSON W.H. (1971).- Precambrian continental edges in Corea and Vietman posible Gondwana land connection. *Ann. Progr. Rep.*, 19, p. 5-13.
- HUETZ DE LEMPZ A. (1968).- Australie. in *Encyclopedia Universalis*, v.2.
- JENKINS J.J. (1962).- The geology and hydrogeology of the Western Port area. *Geol. Surv. Victoria, Underground Water investigations*, Rep.5.
- JOHNS W.D., GRIM R.E., BRADLEY W.F. (1964).- Quantitative estimation of clay minerals by diffraction methods. *Journ. of Sed. Petrol.*, v. 24, n° 4, p. 242-251.
- KRINSLEY D.H., DOORKAMP J.C. (1973).- Atlas of Quartz sand surface textures. *Cambridge Univ. Press*, 91 p.
- KRINSLEY D.H., MARGOLIS S. (1971).- Grain surface texture. *Procedure in Sedimentology and Petrology*, Ed. Carver, Chap.8, p. 101.
- KRAUSKOPF K.B. (1967).- Introduction to geochemistry. *International student edition Mc Graw Hillbook*, CY. NY.
- KUBLER B. (1968).- Evaluation quantitative du métamorphisme par la cristallinité de l'illite. Etat des progrès réalisés ces dernières années. *Bull. Centre Tech. Pau, SNEA*, 2,2, p. 385-397.
- LANCELOT Y., SICHERE M.C. (1973).- Application de l'analyse par fluorescence X à l'étude de la sédimentation dans le golfe de Cadix. *Rev. Géogr. Phys. et Géol. Dynam.*, (2), vol. XV, fasc. 3, p. 219-230.

- LE RIBAUT L. (1975).- L'exoscopie : méthodes et applications. Notes et mémoires n° 12, *Total CFP*.
- LE RIBAUT L. (1977).- L'exoscopie des quartz. Ed. MASSON; *Techniques et méthodes sédimentologiques*. A. Rivière.
- LUCAS J., CAMEZ T., MILLOT G. (1959).- Détermination pratique aux rayons X des minéraux argileux simples et interstratifiés. *Bull. Serv. Carte Géol. Alsace-Lorraine*, 12, fasc. 2, p. 21-31.
- LUCAS J. (1962).- La transformation des minéraux argileux dans la sédimentation. Etude sur les argiles du Trias. *Mém. Serv. Carte Géol. Alsace Lorraine*, n° 23.
- McDOUGGALL J. (1968).- Natural thermoluminescence of igneous rock and associated ore deposits. In *Thermoluminescence of geological material*. Academic Press, London, NY.
- Mc MURTHY G.M., FAN P.F. (1974).- Clays and clay minerals of the Santa Anna River drainage basin, California. *Journal of Sed. Petrol.*, V. 44, n° 4, p. 1072-1078.
- MARSDEN M.A.H., MALLET C.W. (1975).- Quaternary evolution, morphology and sediment distribution, Western Port Bay, Victoria. *Proc. Roy. Soc., Victoria*, V. 81, I-2, p. 107-138.
- MARSDEN M.A.H. (1979).- Circulation patterns from sea bed drifter studies. Western Port and Inner Bass Strait Australia. *Marine Geol.*, V. 30, I/2, p. 85-99.
- MARSDEN M.A.H., MALLET C.W., DONALDSON (1979).- Geological and physical setting of sediments, and environment Western Port. *Marine Geol.*, V. 30, 1/2, p. 11-46.
- MAZERAN R. (1971).- Sur la thermoluminescence naturelle des quartz granitiques. *Rev. géogr. phys. et Géol. Dynam.*, vol. XIII, fasc. 1, p. 87-95.
- MONACO A. (1975).- Les facteurs de la sédimentation marine argileuse. Phénomènes physico-chimiques à l'interface. *Bull. BRGM*, Section 4, 2° série, n° 3, p. 147-174.
- MILLOT G. (1964).- Géologie des argiles. *Masson Ed.*, Paris.
- NELSON B.W. (1960).- Clay mineralogy of the Bottom sediments Rappahanock river, Virginia. In *Clay and Clays minerals. Proc. of the 7th Cong. on Clays and clay minerals*, p. 135.

- NORRISH K., CHAPPELL B.W. (1967).- X Ray fluorescence spectrography. In J. ZUSSMAN Ed. *Physical methods in determinative mineralogy*. Acad. Press, London, p. 161-214.
- NORRISH K., HUTTON J.T. (1969).- An accurate X ray spectrographic method for the analysis of a wide range of geological samples. *Geochim. Cosmochim. Acta*, V. 33, p. 431.
- PAQUET H. (1970).- Evolution géochimique des minéraux argileux dans les altérations et les sols des climats méditerranéens et tropicaux à saisons contrastées. *Mém. Serv. Carte Géol. Alsace-Lorraine*, V. 30, p. 1-212.
- PEDRO G. (1968).- Distribution des principaux types d'altération chimique à la surface du globe. Présentation d'une esquisse géographique. *Rev. Géogr. Phys. et Géol. Dyn.*, (2), vol. X, fasc. 5, p. 457-470.
- PEDRO G., JAMAGNE M., BEGON J.C. (1969).- Mineral interactions and transformation in relation to pedogenesis during the Quaternary. *Soil Sc.*, V. 107, n° 6, p. 69-77.
- POWERS M.C. (1953).- A new roundness scale for sedimentary particles. *Journ. of Sed. Petrol.*, v. 23, p. 117-119.
- RANKAHAMA K., SAHAMA T.G. (1950).- Geochemistry - a survey of the chemistry of the earth. *The University of Chicago Press*.
- REISON G.E. (1975).- Geochemistry of mud from a shallow restricted estuary Australia. *Marine Geol.*, 19, p. 297-314.
- ROOTS W.D. (1975).- A better fit for Tasman sea magnetics and reappraisal of Tasman sea opening. In FALVEY D.A. and PACHAM G.H. Ed. Southwest pacific workshop. *Austr. Soc. Expl. Geophys. Bull.*, 6, 213, p. 42.
- RUTLAND R.W.R. (1976).- Orogenic evolution of Australia *Earth science reviews*. v. 12, n° 213, p. 161-196
- SAGE L., CHAMLEY H. (1977).- Minéraux argileux et dynamique sédimentaire au large du Var (SE, France). *Ann. Soc. Sc. Nat. et d'Arch. de Toulon et du Var*, p. 133-139.
- SARGEANT I.J., SKENE J.K.M. (1970).- Some properties of the Krasnozems of Southern Victoria, Australia. *Austr. Journal of Soil*, 8, p. 281-295.

- SCHEIBNER E. (1973).- A plate tectonic model of the paleozoic tectonic history of New South Wales. *Journal of the Geol. Soc. Australia*, 20, (4), p. 405-426.
- SEEDSMAN R.W., MARSDEN M.A.H. (1977).- A study of methodology and of suspended sediment activity in Hasting Bight, Western Port Bay Report to the Western Port environmental study. n° 144. *Environment studies series, Ministry for conservation, Victoria, Australia*, 82 p.
- SPENCER JONES D., MARSDEN M.A.H., BARTON C.M., CARILLO-RIVIERA J.J. (1975).- Geology of the Western Port Sunkland. *Proc. Soc. Victoria*, V. 87, I-2, p. 43-68.
- SPROLL W.P., DIETZ R.S. (1969).- Morphological drift fit of Australia and Antarctica. *Nature*, v. 222, p. 345-348.
- STAGE H.C.T., HUBBLE G.D., BREWER R., NORTHCOTE K.H., SLEEMAN J.R., MULCAHY M.J., HALLSWORTH E.H. (1968).- A handbook of the Australian Soils. Rellim, Adelaide, Australia.
- STERNBERG R.W. (1979).- Bottom current measurements and circulation in Western Port, Victoria. *Marine Geol.*, V. 30, 1/2, p. 65-83.
- SUBMARIAN V., D'ANGLEJAN B.F. (1976).- Methodology of X-ray fluorescence analysis of suspended matter in estuarine waters. *Marine geol.*, v. 22, p. M1-M6.
- TARDY Y., PAQUET H., MILLOT G. (1970).- Trois modes de genèse des Montmorillonites dans les altérations et les sols. *Bull. Gr. Français des Argiles*, t. XXIII, p. 69-77.
- TATHAM C.M. (1976).- Petrology of Igneous rocks. Chapter II in Geology of Victoria, Ed. Douglas J.G., Ferguson J.A. *Geol. Soc. of Australia*, Special Pub. n°5
- TERRY R.D., CHILINGAR G.V. (1955).- Summary of concerning some additional aids in studying sedimentary formations by Ms. SHESTOV, *Journ. of Sed. Petrol.*, V. 25, p. 229-234.
- TERTIAN R. (1967).- Controle de l'effet de matrice en fluorescence X et principe d'une méthode quasi absolue d'analyse quantitative en solution solide ou liquide. *X ray spectrometry*, 4, 52.

- THOREZ J. (1975).- Phyllosilicates and clay minerals. A laboratory handbook for the X Ray diffraction analysis. Ed. Lelotte.
- VANDEMBERG A.H.M., GARRAT M.J., SPENCER JONES D. (1976).- Silurian - Middle Devonian in geology of Victoria. Ed. J.G. Douglas, Ferguson J.A., *Geol. Soc. of Australia, Special Publ.*, n°5.
- VEEVERS J.J., EVANS P.R. (1970).- Late paleozoic and mesozoic history of Australia. In Antarctic Geology and geophysics. Ed. R.J. ADIE, IUGS, Oslo, August 1970.
- VEEVERS J.J., MC ELHINNY M.W. (1976).- The separation of Australia from other continents. *Earth Sci. Rev.*, V. 12, n° 213, p. 139-160.
- WENTWORTH C.K. (1922).- A scale of grade and class terms for clastics sediments. *Journ. of Geology*, v. 30, p. 377-393.
- WILK R.W. (in preparation).- Sediments characteristics in the Embayment head of Western Port Bay, in "Guide line for control of erosion", n° 3, *Ministry for Conservation, Victoria, Australia.*
-

ANNEXES

Annexe 1

		SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	K ₂ O	Ba
BASS RIVER	7 F	65	1,25	20	8,64	0,087	1,50	0,90	2,04	0,070
	6 F	53	0,99	17	10,34	0,145	1,75	1,17	2,11	0,061
	1 F	56	1,19	16	6,80	0,170	1,21	0,69	1,90	0,054
	42 F	63	1,36	17	5,08	0,055	1,17	0,44	2,03	0,050
	82 F	56	1,14	18	6,42	0,028	1,64	0,48	1,96	0,040
LANG LANG RIVER	8 G	62	0,83	16	5,95	0,133	1,31	0,73	2,75	0,066
	8 I	72	0,75	13	3,03	0,177	0,73	0,89	2,22	0,031
	8 F	51	1,05	17	6,08	0,396	1,28	0,79	1,92	0,059
	9 G	58	0,77	15	1,00	0,087	1,38	0,76	2,22	0,060
	9 I	67	0,66	13	4,42	0,120	0,93	1,12	2,04	0,058
	9 F	51	1,00	17	12,19	0,291	1,64	0,91	2,11	0,061
	10 G	68	0,52	10	4,59	0,067	0,71	1,02	2,18	0,004
	10 I	72	0,78	12	8,53	0,059	0,73	1,04	2,08	0,057
	10 F	55	1,00	16	7,25	0,116	1,75	1,47	1,89	0,068
	12 G	84	0,42	8	1,02	0,012	0,27	0,69	1,92	0,051
	12 I	74	0,95	8	2,67	0,093	0,52	0,50	1,86	0,034
	12 F	60	1,30	19	7,35	0,061	1,35	0,68	1,59	0,053
	44 G	81	0,35	7	1,23	0,011	0,19	0,48	0,54	0,049
	44 I	82	1,29	6	2,01	0,027	0,17	0,45	1,19	0,074
	44 F	56	1,31	18	7,75	0,082	1,10	0,53	1,15	0,041
	49 G	85	0,23	4	2,95	0,015	0,10	0,30	2,12	0,107
	49 I	85	0,56	5	1,79	-	0,14	0,50	1,52	-
	49 F	54	1,77	18	6,53	0,032	0,76	0,11	1,36	0,040
	50 G	80	0,66	6	7,24	0,014	0,19	0,48	1,37	0,105
	50 I	83	0,89	6	1,14	0,017	0,15	0,47	1,37	0,053
50 F	55	1,65	18	6,26	0,023	0,98	0,23	1,42	0,039	
YALLOCK CREEK	15 F	66	51,54	13	6,67	0,051	0,56	0,30	0,20	0,064
	13 F	44	2,31	12	18,24	0,471	1,52	1,07	0,52	0,090
	62 F	55	3,17	16	9,86	0,091	0,99	0,43	0,31	0,187
	53 F	56	1,85	19	6,4	0,157	1,23	0,65	1,11	0,045
	45 F	52	3,10	18	9,06	0,440	1,91	1,10	2,56	0,063
	75 F	49	1,41	23	6,08	0,018	1,30	0,34	1,16	0,081

Résultats de l'analyse en fluorescence aux rayons X des échantillons de la zone A. F = fraction fine; I = fr. intermédiaire; G = fr. grossière.

BUS
LITE

Annexe II

	N° Ech.	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	K ₂ O	Ba
BUNYIP RIVER	26 F	56	0,93	23	6,84	0,077	0,55	0,58	2,32	0,077
	28 F	48	1,59	29	4,31	0,029	0,60	0,29	1,19	0,070
	60 F	46	1,17	27	7,00	0,031	0,63	0,23	0,95	0,036
	56 F	47	1,73	21	6,12	0,035	0,65	0,15	1,26	0,040
TARAGO RIVER	19 F	45	1,37	17	11,90	1,14	1,09	0,73	1,68	0,078
	20 F	48	1,59	13	11,95	1,36	1,39	1,13	1,84	0,083
	17 F	48	1,61	18	10,52	0,20	1,94	1,16	1,24	0,063
CARDINIA CREEK	35 G	81	0,09	7	0,54	0,10	0,24	1,02	2,08	0,045
	35 I	72	0,60	13	3,52	0,063	1,59	2,89	2,68	0,056
	35 F	54	1,95	22	5,57	0,044	1,04	0,59	0,85	0,073
	36 G	74	1,49	6	1,67	0,042	0,13	0,86	2,29	0,005
	36 I	86	0,58	6	0,82	0,019	0,17	0,74	2,19	0,068
	36 F	51	1,80	19	9,09	0,050	1,12	0,67	1,20	0,054
	34 G	96	0,03	2	0,13	0,003	0,09	0,87	0,03	0,035
	34 I	76	0,60	9	2,27	0,017	0,47	1,22	1,92	0,113
	34 F	47	1,52	21	11,98	0,104	1,01	0,67	0,89	0,003
	66 G	86	0,21	6	1,15	0,008	0,07	0,68	2,45	0,066
	66 I	80	0,75	5	1,67	0,015	0,16	0,59	1,49	0,073
	66 F	46	1,75	21	9,66	0,030	0,96	0,36	0,81	0,041
	65 G	78	0,13	5	1,31	0,008	0,10	0,60	2,07	nm
	65 I	77	1,72	8	3,43	0,027	0,34	0,38	1,43	nm
	65 F	51	1,99	21	9,08	0,066	1,06	0,49	1,14	0,048
	59 G	97	0,10	1	0,48	0,005	0,16	0,14	0,24	0,018
59 I	82	0,50	6	1,30	-	0,16	0,60	1,62	0,047	
59 F	47	1,79	20	7,20	0,035	0,86	0,18	0,24	0,038	

Résultats de l'analyse en fluorescence aux rayons X des échantillons de la zone B. F= fraction fine; I = fr. intermédiaire; G = fr.grossière



N° éch.	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	K ₂ O	Ba
Co23 G	89	0,17	1	0,35	-	0,07	0,25	0,10	-
Co23 I	81	1,12	6	2,21	0,013	0,35	0,63	1,13	-
Co23 F	46	1,10	19	2,66	-	0,79	0,12	1,24	0,031
Co21 G	90	0,20	1	0,34	-	0,09	3,56	0,23	0,007
Co21 I	68	0,86	5	1,93	-	0,39	0,75	1,23	0,031
Co21 F	49	1,78	20	0,96	-	0,88	0,13	1,32	0,036
CoR1 G	87	0,16	1	0,35	0,002	0,08	0,19	0,18	0,007
CoR1 I	81	1,25	6	2,23	0,016	0,25	0,48	1,58	0,05
CoR1 F	45	1,42	19	8,39	-	0,89	0,18	1,16	0,027
Co24 G	76	0,28	2	0,48	0,007	0,11	0,54	0,77	0,017
Co24 I	83	1,65	5	1,77	0,033	0,18	0,48	1,59	0,053
Co24 F	50	1,89	18	3,04	-	0,89	0,14	1,20	0,031
CoR2 G	80	0,19	3	0,36	0,002	0,06	0,19	1,88	0,030
CoR2 I	76	2,66	5	2,20	0,080	0,23	0,37	1,85	0,070
CoR2 F	49	1,73	20	6,15	0,002	0,75	0,09	1,27	0,035
Co26 G	81	0,07	2	0,27	0,002	0,08	0,19	1,49	0,023
Co26 I	80	1,09	6	1,59	0,009	0,204	0,403	1,681	0,050
Co26 F	49	1,78	21	5,6	0,004	0,76	0,14	1,29	0,036
Co27 G	70	0,53	9	5,84	-	0,56	2,50	1,60	0,028
Co27 I	79	0,62	6	1,32	-	0,12	0,39	1,81	0,040
Co27 F	50	1,71	21	5,16	-	0,79	0,12	1,33	0,035
Co28 G	86	0,16	5	4,35	-	0,12	1,39	2,20	0,044
Co28 I	77	0,8	6	1,74	-	0,27	0,44	1,59	0,040
Co28 F	50	1,75	21	5,41	-	0,84	0,14	1,38	0,96
Co30 G	88	0,28	5	2,84	0,001	0,16	0,44	1,44	0,039
Co30 I	81	1,27	6	1,49	0,028	0,24	0,45	1,26	0,051
Co30 F	58	1,89	18	6,51	-	0,88	0,13	1,53	0,037

Résultats de l'analyse en fluorescence aux rayons X des échantillons du Nord Est de la baie
 F = fraction fine ; I = fraction intermédiaire; G = fraction grossière



Annexe IV

	n° éch.	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	K ₂ O	Ba
Baie au large de Bass river	83 G	76	0,36	8	1,56	0,009	0,24	1,14	1,75	0,042
	83 I	78	0,79	7	1,14	0,016	0,30	0,87	1,47	0,042
	83 F	46	1,16	18	6,53	0,025	1,89	1,78	1,44	0,029
	87 G	75	0,49	6	0,69	0,011	0,16	0,67	1,49	0,042
	87 I	80	1,70	8	1,9	0,004	0,33	0,75	1,59	-
	87 F	52	1,30	17	5,88	0,002	1,17	0,27	1,83	0,039
	85 G	33	0,34	7	0,73	0,004	0,18	0,68	1,71	-
	85 I	79	1,10	8	1,35	0,023	0,29	0,76	1,61	-
	85 C	55	1,32	17	5,69	0,018	1,18	0,24	2,04	0,043
	86 G	33	0,88	4	14,35	0,043	0,62	21,91	0,31	-
	86 I	81	0,76	7	1,40	0,013	0,38	1,03	1,42	-
	86 F	46	1,28	18	6,38	0,018	1,55	1,51	1,55	0,028

Résultat de l'analyse en fluorescence des rayons X des échantillons de la baie (au large de Bass river)

I = fraction fine; I = fr. intermédiaire; G = fr. grossière

		SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	B
	Bunyip 27 F	67	0,23	21	0,03	0,7	1,5	2,1
	Bunyip 24 F	69	0,03	18	0,03	2,4	2,3	3,8
	Tarago 23 F	66	0,06	18	0,11	1,3	0,2	7,4
	Tarago 22 F	70	0,15	15	0,2	1,5	3,2	2,6

Résultat des mesures sur filtres millipores
(précision 10 %)



PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES

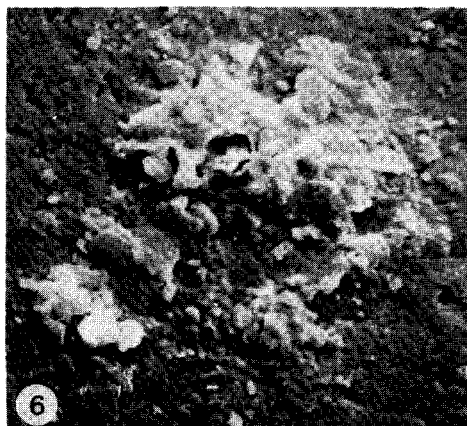
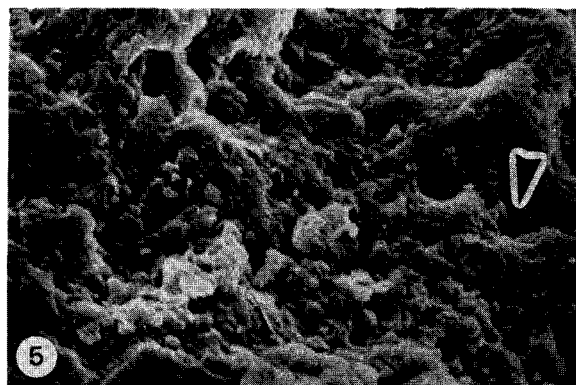
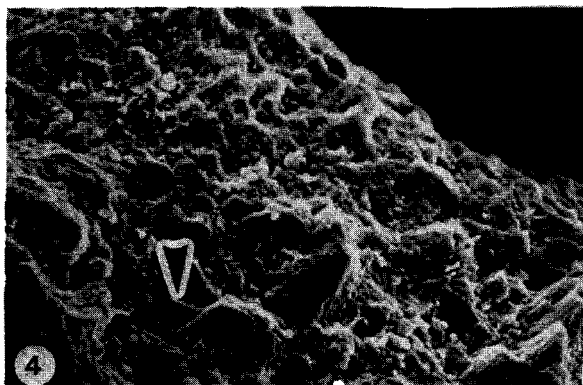
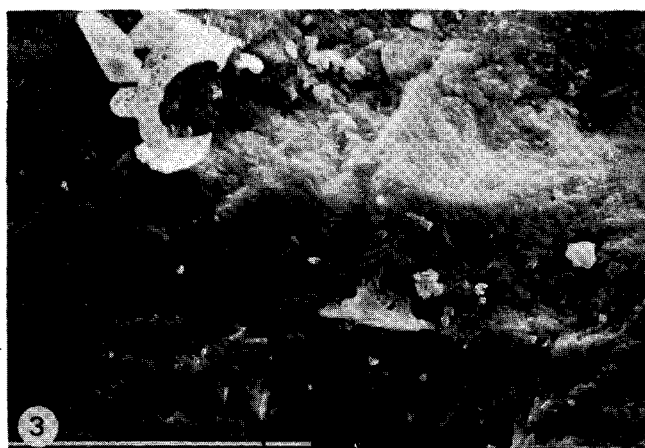
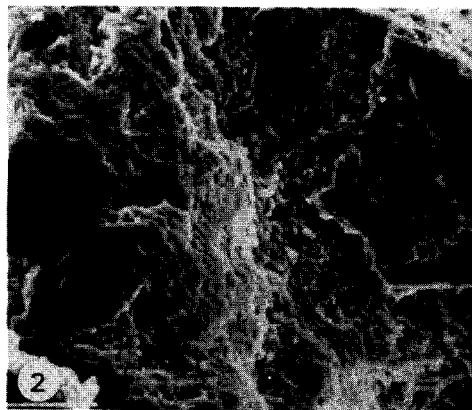
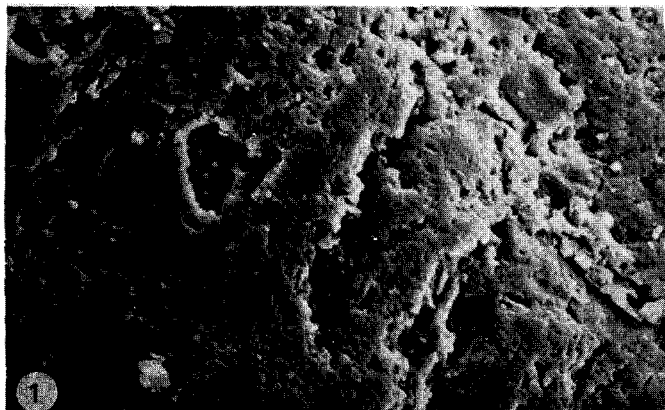
PLANCHE 1

Evolution pédogénétique

- Photo 1 (x378) - Echantillon 35 : pellicule siliceuse développée pendant l'immobilisation du grain, lors de l'évolution pédogénétique.
- Photo 2 (x210) - Echantillon 36 : pellicule siliceuse résultant de l'évolution pédogénétique. Début de polissage de la couche superficielle de la pellicule siliceuse.
- Photo 3 (x540) - Surface protégée (SP) : ancienne zone de contact avec un grain voisin au cours de l'évolution pédogénétique. Trace de choc récente acquise au cours du transport en milieu torrentiel.

Evolution en milieu continental aquatique (milieu torrentiel, milieu lacustre)

- Photo 4 (x108) - Echantillon 36 bord du grain. Pellicule siliceuse acquise lors de l'évolution pédogénétique à l'amont, entaillée de traces de choc lors de l'évolution en milieu torrentiel. Début de polissage par le transport torrentiel et lacustre.
- Photo 5 (x378) - même grain à plus fort grossissement.
- Photo 6 (x810) - Dépôt siliceux dans une zone confinée du grain, lors du passage dans un milieu de sédimentation de basse énergie (réservoir de Cardinia).



BUS
LILLE

PLANCHE 2

Evolution en milieu torrentiel

- Photo 1 (x294) - Echantillon 34 : ancienne pellicule siliceuse, en coulée, bien polie par le transport en milieu torrentiel.
- Photo 2 (x270) - Echantillon 34 : ancienne surface protégée, montrant une trace de choc en "V" acquise au cours de l'évolution torrentielle
- Photo 3 (x108) - Echantillon 34 : zone proéminente du grain (inclusion ou entaille dans pellicule siliceuse). Différents gradients de polissage selon l'exposition : face exposée polie, zone abritée d'aspect grummeleux.
- Photo 4 (x540) - Echantillon 34 : même grain, plus fort grossissement; zone proéminente, polie.
- Photo 5 (x270) - Echantillon 34 : même grain que photo 3, plus fort grossissement; zone abritée, d'aspect grummeleux.
- Photo 6 (x378) - Echantillon 66 : gradient de polissage important des traces de chocs, sur bord du grain, traduisant une évolution fluviatile.
- Photo 7 (x540) - Echantillon 66 : pellicule siliceuse polie, trace de choc à gradient de polissage dans zone abritée.
- Photo 8 (x2700) - Echantillon 47 : développement de globules siliceux dans les zones confinées, traduisant une évolution en milieu d'énergie moyenne à basse.
- Photo 9 (x5400) - Echantillon 47 : même grain, plus fort grossissement.

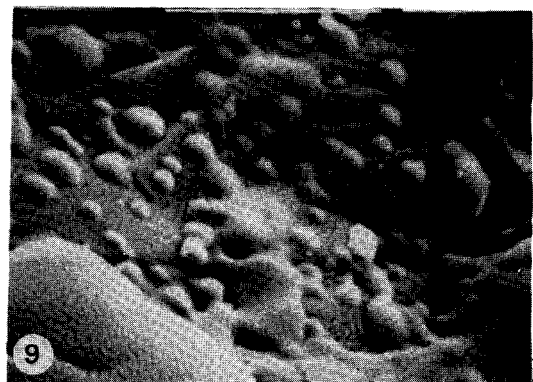
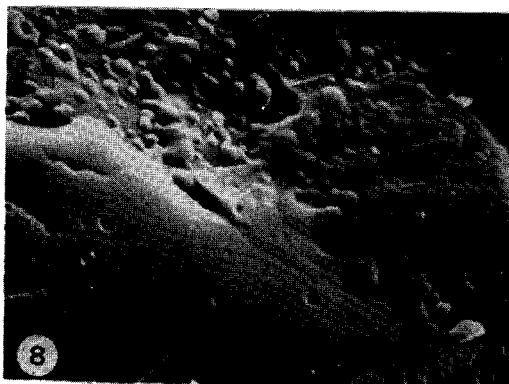
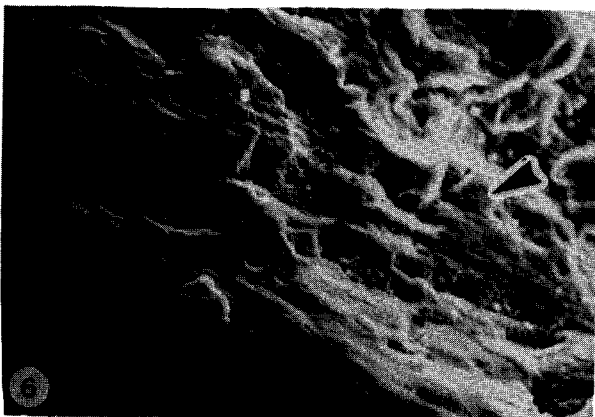
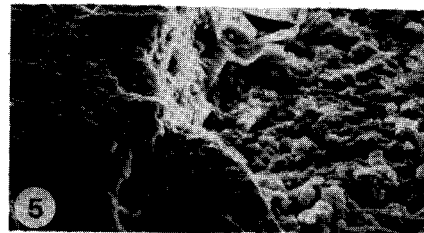
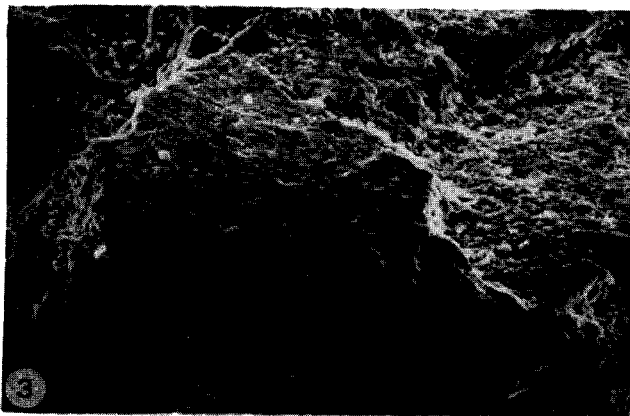
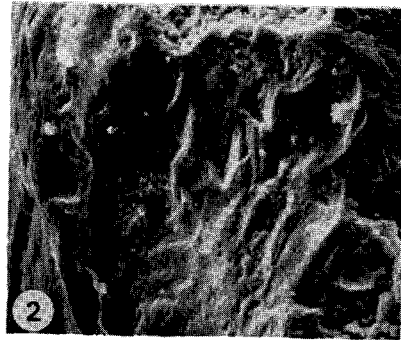
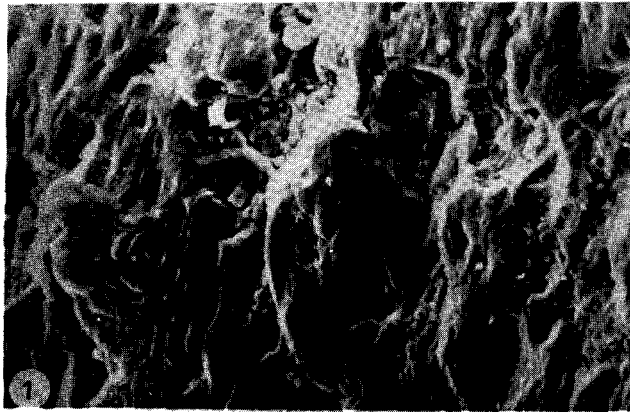
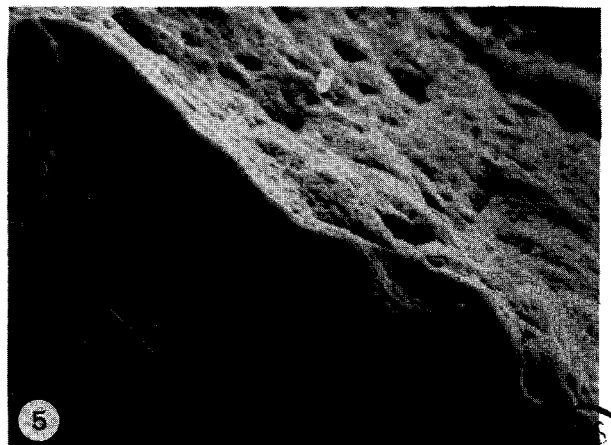
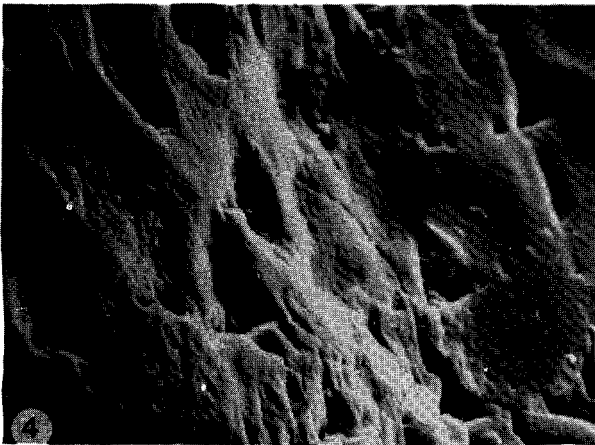
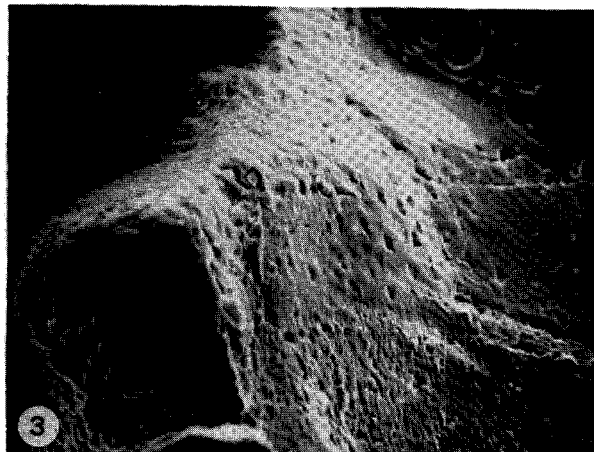
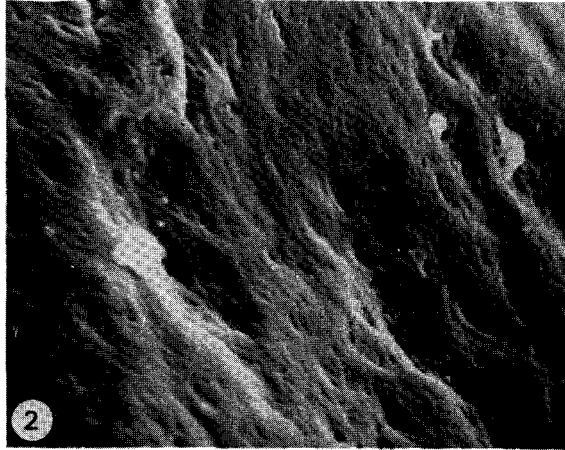
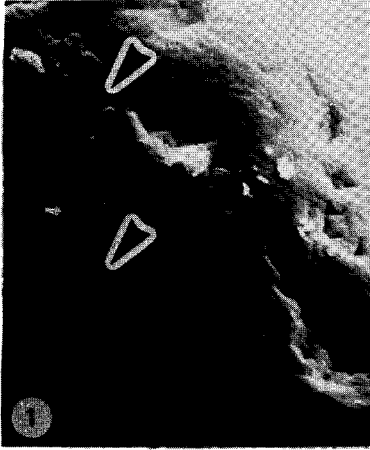


PLANCHE 3

Evolution éolienne puis fluviatile

- Photo 1 (x810) - Echantillon 66 : bord du grain. Traces de choc en "V" orientées dans la même direction (flèche); gradient de polissage de ces traces de choc.
- Photo 2 (x1080) - Echantillon 66 : face du grain; traces de choc en "V" selon une même direction; origine éolienne
- Photo 3 (x270) - Echantillon 47 : bord du grain. Nombreuses traces de choc.
- Photo 4 (x1020) - Echantillon 47 : même grain, plus fort grossissement. Traces de choc nettes selon même direction. Gradient de polissage très léger.
- Photo 5 (x810) - Echantillon 47 : bord du grain, traces de choc en "V" et cupule de choc montrant un gradient de polissage.

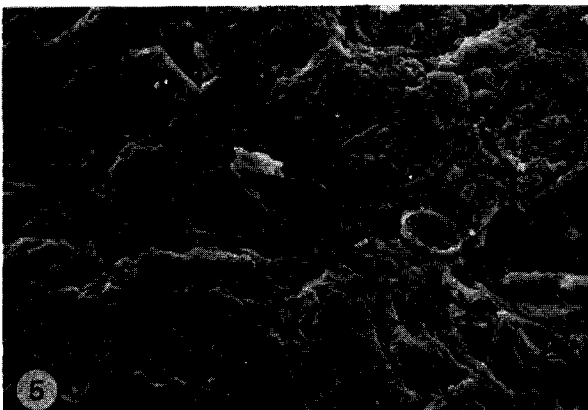
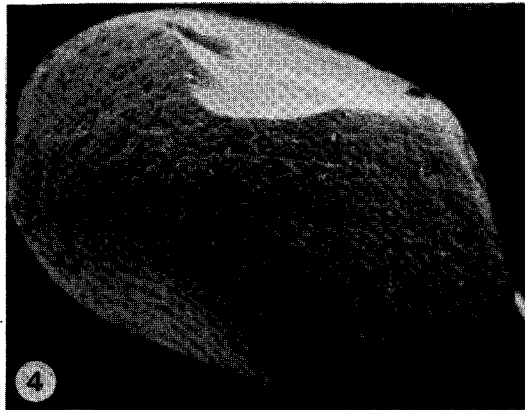
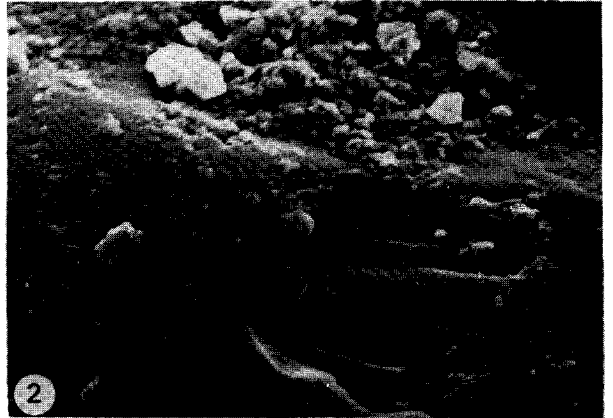
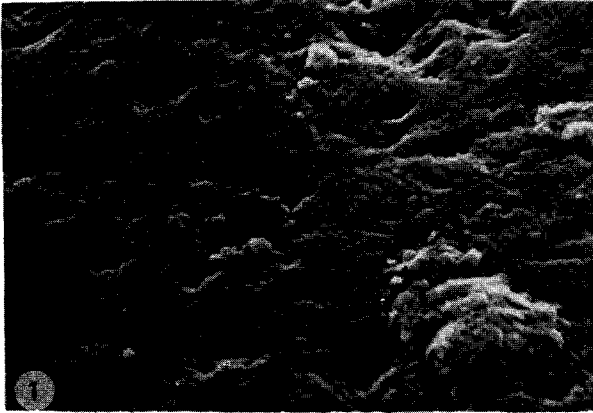


LILLE

PLANCHE 4

Influence du milieu littoral et marin

- Photo 1 (x3780) - Echantillon 59 : surface du grain polie, propre; traces de choc à gradient de polissage prononcé; on note la présence de quelques dépôts siliceux.
- Photo 2 (x3780) - Echantillon 59 : dépôt de matériel siliceux dans les dépressions. Trace de choc en cupule, très nette, résultant d'une évolution aérienne temporaire, au niveau du delta.
- Photo 3 (x1620) - Echantillon 59 : face du grain, trace de choc à gradient de polissage; développement d'une pellicule siliceuse fine à la suite d'une alternance d'émersion et d'immersion.
- Photo 4 (x54) - Echantillon CoR₁ : grain rond mat, provenant des zones côtières; grande cassure conchoïdale, résultant d'un transport aérien, violent.
- Photo 5 (x810) - Echantillon CoR₁ : même grain, plus fort grossissement; aspect de la surface en coup d'ongle, après abrasion par le milieu aérien et aquatique.
- Photo 6 (x3780) - Echantillon CoR₁ : même grain, plus fort grossissement.



GEOLOGIE DE LA REGION
DE WESTERN PORT

MELBOURNE

- Quaternaire
sables, graviers
argile, dépôts marécageux
- Cénozoïque supérieur
sables, graviers
- Cénozoïque inférieur
basalte andésitique
- Crétacé
arkose, argilite
- Dévonien
granite, granodiorite
- Silurien - Dévonien
grès
- Ordovicien
grès
- Limite du bassin d'alimentation
- Faille
(sens de l'effondrement)
- Echantillon prélevé en rivière
- Carotte prélevée en baie
- Limite des zones A et B

0 10km

1/250 000

D'après les cartes de :
MELBOURNE 1/250 000 SJ 55-5
WARBURTON 1/250 000 SJ 55-6
QUEENSCLIFF 1/250 000 SJ 55-9
WARRAGUL 1/250 000 SJ 55-10

(Geological survey of VICTORIA)

PORT
PHILLIP
BAY

MORNINGTON
PENINSULA

WESTERN PORT
SUNKLAND
FRENCH ISLAND

PHILLIP ISLAND

EASTERN HIGHLANDS
GRANITE DE TYNONG

ZONE B

ZONE A

SOUTH GIPPSLAND HIGHLANDS

