

OFFICE DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE  
OUTRE MER  
PARIS  
—

UNIVERSITÉ LOUIS PASTEUR  
INSTITUT DE GÉOLOGIE  
STRASBOURG  
—

CARACTÉRISTIQUES ET UTILISATIONS  
DE QUELQUES SOLS SULFATÉ-ACIDES  
DE THAÏLANDE ET MALAISIE

—  
C. MARIUS

Février 1981

CARACTERISTIQUES ET UTILISATIONS DE QUELQUES SOLS  
SULFATE-ACIDES DE THAÏLANDE ET MALAISIE

C. MARIUS

---

## 1. INTRODUCTION

A l'occasion du 2ème Symposium International sur les sols sulfaté-acides qui s'est tenu à Bangkok du 18 au 24 Janvier et en Malaisie du 25 au 31 Janvier, nous avons pu observer plusieurs profils dans ces deux pays au cours d'une tournée de deux jours en Thaïlande et de six jours en Malaisie. Ce symposium qui a réuni 123 participants à Bangkok et plus d'une soixantaine en Malaisie ne comptait que deux francophones : le délégué du Sénégal - seul pays africain représenté - et moi même. Ce fut donc, en quelque sorte, un Symposium sur les sols-sulfaté acides du Sud-Est Asiatique, et à l'heure actuelle, c'est dans ces deux pays que les sols sulfaté-acides sont largement utilisés pour l'agriculture.

## 2. LA THAÏLANDE

### 2.1. Généralités

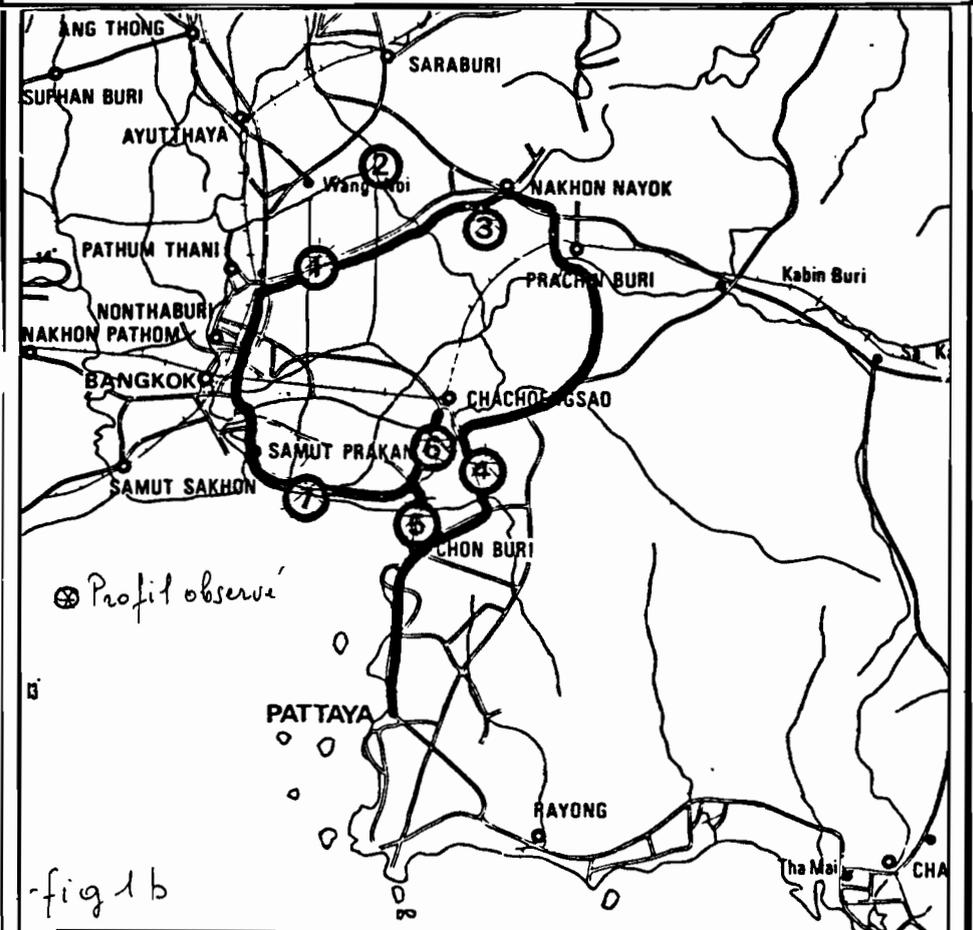
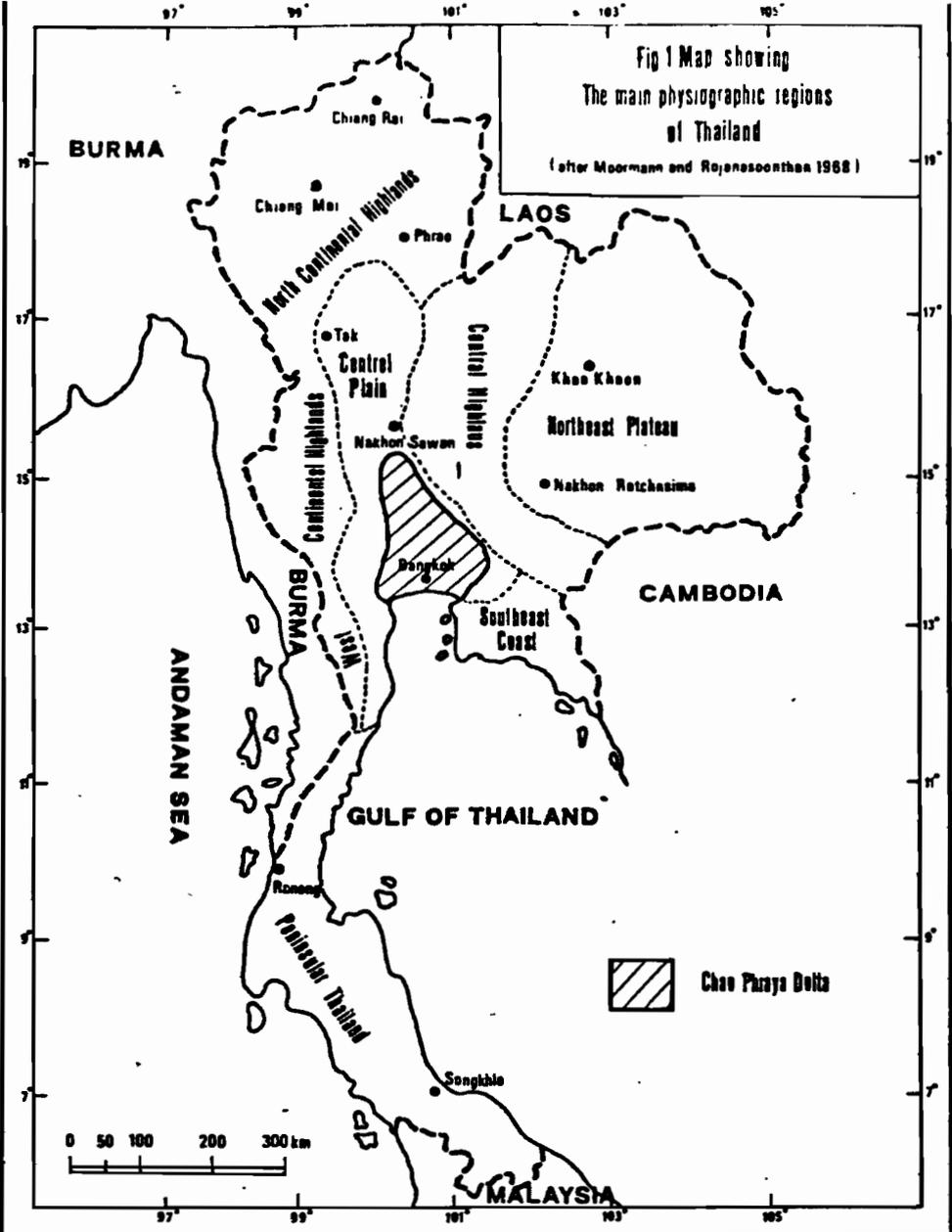
Le royaume de THAÏLANDE couvre une superficie d'environ 515 000 km<sup>2</sup>. Il est bordé au Nord et à l'Ouest par la Birmanie, au Nord et à l'Est par le Laos, au Sud Est par le Cambodge et au Sud, par la Malaisie. Il compte une population d'environ 46 Millions d'habitants et son climat est dominé par les moussons avec, dans l'ensemble, deux saisons : une saison sèche de Décembre à Avril et une saison des pluies de Mai à Novembre.

On distingue généralement six grandes régions physiographiques dans le paysage thaïlandais (fig. 1a) et la plupart des sols sulfaté-acides sont localisés dans le delta de Chao Phraya dont la partie Sud Est est connue sous le nom de La Plaine de Bangkok.

Le delta de Chao Phraya se subdivise en trois parties, du point de vue géomorphologique. L'ancien delta, d'âge pleistocène, situé dans la partie Nord à une altitude d'environ 5 m au-dessus du niveau moyen de la mer.

- La plaine deltaïque, très plate, a une altitude d'environ 2 m et s'avance jusqu'en bordure du Golfe de Thaïlande.

- Le haut delta imbriqué dans la plaine deltaïque forme des levées d'environ 3 m d'altitude.



Les travaux pédologiques sur les sols sulfaté-acides de la Plaine de Bangkok datent des années 65 avec MOORMANN et VAN DER KEVIE qui définissent les premières séries de ces sols. A la suite d'une mission de consultant pour la F.A.O. en 1968, PONS publie une étude sur la morphologie, la genèse et les potentialités agricoles des sols sulfaté-acides de THAÏLANDE. Enfin, et surtout, N. VAN BREMMEN présente en 1976 une très belle thèse "Genesis and solution Chemistry of acid sulfate soils in Thailand".

Toutes ces études sont centrées sur la Plaine de Bangkok et il reste encore beaucoup de zones de mangroves, notamment dans la Thaïlande péninsulaire, qui n'ont fait l'objet d'aucune étude. Les 7 profils observés au cours de l'excursion en Thaïlande sont représentatifs des sols de la Plaine de Bangkok.

## 2.2. Les profils (fig. 1b)

Nous utiliserons, comme les thaïlandais et les autres, le terme de "pedon".

### a) PEDON n° 1 : Thanyabury clay

Sous une rizière abandonnée où repoussent *Eleocharis mutata* et *Carrisea*:

- 0 - 7 cm : brun gris foncé - 10YR 4/2, argileux, nombreuses taches 5YR5/8 le long des racines, structure subangulaire fine, très dur, racines fibreuses. pH 4.5
- 7 - 22 cm : gris très foncé - 10YR4/1, argileux, taches 10YR5/6, structure polyédrique grossière, extrêmement dur, nombreuses fines racines. pH 4.0 - 4.5.
- 22 - 40 cm : brun gris très foncé. 10YR3/2, à taches nettes 7,5 YR3/2, structure massive, argileuse, revêtements organiques, très ferme. pH 4 - 4,5.
- 40 - 90 cm : brun 7,5 YR 5/2 argileux, nombreuses taches brunes 7,5 YR8/6, structure massive, très ferme, nombreuses racines décomposées, revêtements organiques. pH 4.
- 90 - 135 cm : brun, 7,5 YR 5/2. Consistance 4\*\* (n = 1,0 - 0,7). Quelques fines taches brunes 7,5 YR 4/4, peu nettes associés à des taches nettes 7,5 YR 5/6. pH 4.5.
- 135 - 250 cm : gris 5 Y5/1. Consistance 3, très plastique, pH 5.

Donc, un pedon très développé sur une grande épaisseur, avec taches de jarosite entre 40 et 90 cm, un horizon humique épais : 20 cm et un horizon réduit, à partir de 135 cm.

\*\* 5 classes de consistance ont été définies par PONS, d'après la valeur de n (n value), liée elle même à la teneur en eau, en argile et en matière organique.  
Consistance : non développée - peu développée - semi développée - presque développée - développée.

Classe N	1	2	3	4	5
n value	> 2	1,4-2	1,0-1,4	0,7-1,0	< 0,7

Il s'agit donc d'un pédon à texture très fine, à pH acide, voisin de 3,5 à complexe absorbant dominé par le magnésium. Les teneurs en soufre sont faibles par rapport aux valeurs observées au Sénégal.

La fraction argileuse est composée de 30 à 50 % de kaolinite, de 10 à 20 % d'illite et de 20 à 50 % de smectite, avec des traces de chlorite.

Ce pédon avait été classé : sulfic Tropaquept mais l'horizon à jarosite est bien individualisé et ne dépasse pas 1 m. C'est donc, malgré tout, un sulfaquept ; la présence d'un épipédon humifère nous conduit à le distinguer des Typic, en proposant un sous groupe : humic sulfaquept

b) PEDON n° 2 - ONGKHARAK Silty clay

sous une rizière abandonnée

- 0 - 14 cm : brun gris foncé (10 YR3-4/2) argileux à taches rouge-jaunes 5YR5/8 le long des racines, structure subangulaire, extrêmement dur, très ferme pH 4.
- 14 - 30 cm : brun gris, 10YR5/2, argileux, nombreuses taches rouges 10R4/6 associées à des taches brunes 7,5YR5/6, structure subangulaire, ferme, revêtements organiques, pH 4.5.
- 36 - 60 cm : brun gris 10YR5/2, argileux, à taches brunes 0,5YR5/8 et rouges 10R4/8, quelques bandes jarositiques jaunes 2,5YR8/6, slickenside, revêtements organiques, pH 4.
- 66 - 115 cm : brun 7,5YR5/2, argileux, nombreuses taches brunes, distincts 7,5YR5/8 associées à de nombreuses marbrures de jarosite 2,5Y8/6; pH 4.
- 115 - 165 cm : brun 7,5YR5/2, argileux, quelques fines taches brunes 10YR5/4 associées à quelques fines taches de jarosite plastique, collant, quelques fines racines décomposées. pH 4.
- 165 - 200 cm : gris 10YR5/1, consistance 4, pH 4.5.

On notera la présence de taches rouges d'oxydes de fer en surface, résultant de l'hydrolyse de la jarosite et de taches jaunes de jarosite pénétrant jusqu'à 165 cm. Le pedon est très développé et très consistant (la valeur de n est 0.7).

Du point de vue textural, il ressemble au pédon 1 et il est très argileux, mais la plupart des pédons de cette série seraient argilo-limoneux. Le pH ne s'abaisse pas au-dessous de 3,5 et les teneurs en soufre sont faibles jusqu'à 1,65 m. C'est un sulfic Tropaquept et au Sénégal, nous connaissons ce type de pedons sur les terrasses basses argileuses en Casamance et surtout, dans le delta du Sénégal.

c) PEDON n° 3 - Rangsit clay, veryacid phase

Ce pedon se distingue du précédent par la présence de taches de jarosite jusqu'à 2 m et plus. Les taches rouges sont nombreuses en surface sur 40 cm. Le pH frais est de 4 sur l'ensemble du pedon. Le pH sec est inférieur à 3,5, de 70 cm à 2 m, et inférieur à 3 en profondeur.

d) PEDON n° 4 - Rangsit variant

Le seul caractère morphologique commun à cette série RANGSIT est la présence de taches rouges en surface, jusqu'à 50 cm ici, et de taches de jarosite jusqu'à 170 cm. Pour le reste, le pedon 4 est complètement différent du pedon 3. La matrice est gris-rosâtre 7,5YR6/2 jusqu'à 170 cm. La texture est limoneuse et le pH sec est supérieur à 3,5 sur tout le profil. L'abondance de taches de jarosite nous oblige à classer ce pedon en sulfic Tropaquept, bien qu'il ne soit pas très acide.

e) PEDON n° 5 : Bang Pakong clay

Ce pedon a été observé à la station agricole de Bang Pakong, sous une rizière. La station est située en bordure de mer et on y fait du riz, du sorgho, des agrumes et surtout du filao.

0 - 10 cm : brun, 7,5Y4/2, argileux, très fibreux, très plastique, pH 7.

10 - 30 cm : gris foncé 10YR4/1, argileux, quelques fines taches distinctes brunes 7n5YR5/8, le long des racines, collant, plastique, pH 7, encore fibreux.

30 - 50 cm : gris foncé, 10YR4/1, consistance 2. (n=1,4). très collant, très plastique, fibreux, pH 8.

50 - 150 CM : gris 5Y4/1, argileux, fluide, consistance 2, pH 8.

C'est le pedon type des sulfaquents, que nous avons au Sénégal, sous *Rhizophora mangle*. Il se dégage une forte odeur d' $H_2S$  et l'ensemble est très salé. La riziculture est pratiquée sur ces sols en saison des pluies, avec un drainage très superficiel et l'on remarque que le pedon est très peu évolué.

En saison sèche, l'eau qui circule dans les canaux de drainage est salée.

f) PEDON n° 6 : Chachoengsao clay

0 - 22 cm : gris foncé, 10YR3-4/1, argileux, nombreuses fines taches rouge-jaune 5YR5/8, le long des racines, structure polyédrique grossière, à massive, ferme, très collant, très plastique, pH 5.5

22 - 42 cm : gris foncé, 10YR4/1, argileux, nombreuses fines taches brunes 7,5YR5/8 et quelques fines taches rouge jaune (5YR5/8), structure massive, plastique, collant, revêtements organiques le long des craquelures, pH 5.5

- 42 - 30 cm : brun gris à brun (10YR5/2 - 7,5YR5/2) argileux, taches nombreuses, brunes 7,5YR5/8 et quelques taches rouges, 5YR5/8, nombreux slickensides, très collant, très plastique, revêtement organiques, pH 7.
- 76 - 125 cm : brun gris 10YR5/2, argileux, nombreuses taches brunes 7,5YR7/8 et jaunes rouges 5YR5/8, très rares taches localisées de jarosite, très collant, plastique, quelques grosses racines décomposées avec des revêtements brun-jaunes, pH 7.
- 125 - 165 cm : gris 5Y4/1, consistance 3 (n 1,4 - 1,0) argileux, racines décomposées à traînées brun-jaunâtre, pH 8.
- 165 - : gris vert foncé 56Y4/1, argile limoneuse fluide, racines décomposées en place.

Ce pedon est identique à de nombreux pedons des Guyanes développés sur la phase MOLESON des argiles marines. Ils se caractérisent par des couleurs gris-vert, dans la gamme des 5GY ou 5Y, dues à la présence de minéraux verts, du type chlorite surtout et plus rarement, chamosite ou glauconite. Ces minéraux verts sont des agents neutralisants de l'acidité potentielle de ces sols. C'est PONS qui les a signalés en THAÏLANDE sur les sédiments marins récents qui bordent le golfe de THAÏLANDE. L'évolution de ces sédiments marins - pourtant pyritiques - ne conduit pas à des sols sulfaté-acides, d'où le terme de "Non Acid Marine Soils" donné par PONS pour désigner ces sols.

g) PEDON n° 7 : Bang Pakong variant

Sous une défriche récente de mangrove, transformé en bassin d'élevage de crevettes.

Il s'agit d'un pedon peu évolué dans lequel l'horizon réduit débute à partir de 15 cm. A 150 cm apparaît l'horizon gris-vert 5GY4/1.

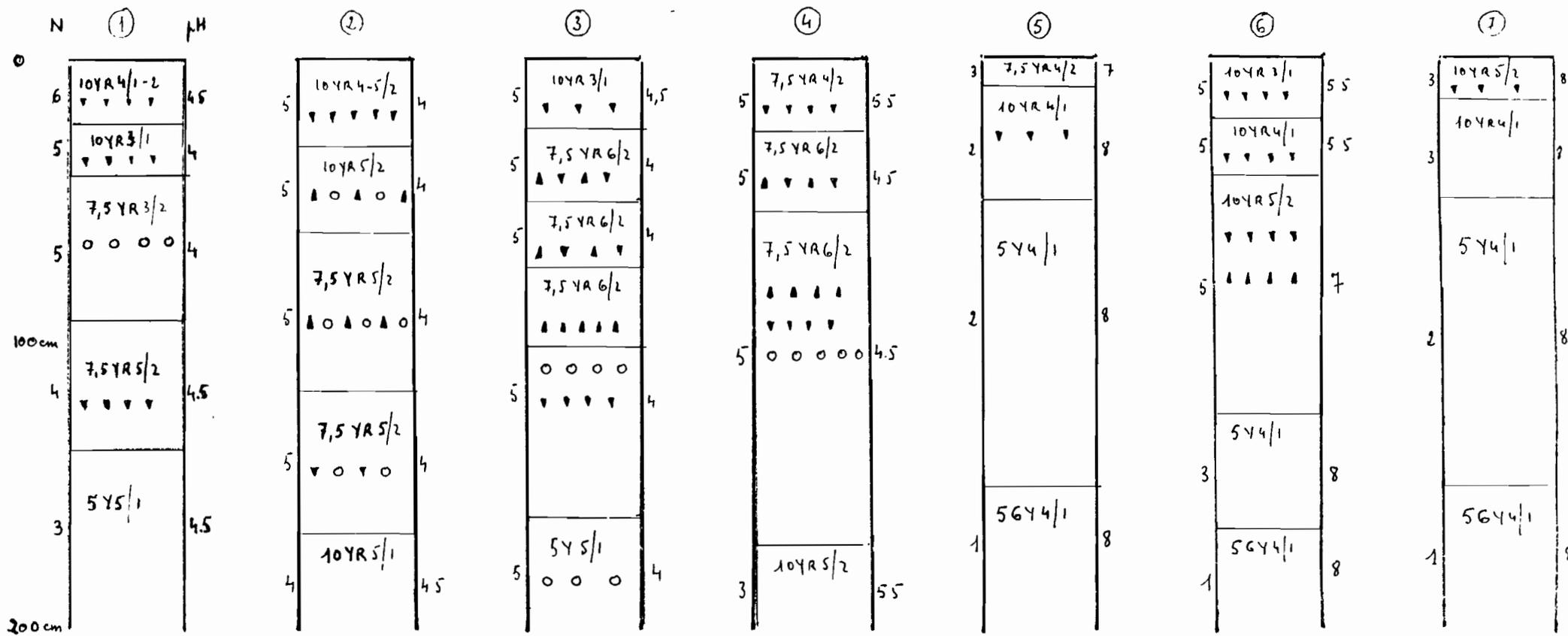
En fait, ce pedon est différent du pedon 5 auquel il est associé, car la végétation originelle était une mangrove à Avicennia et non une mangrove à Rhizophora et à Nipa, comme au pedon 5.

On note l'absence d'horizon fibreux et d'une manière générale, de débris de racines dans le pedon.

2.3. Processus de pédogenèse des sols sulfaté-acides de la Plaine de Bangkok

La figure 2 récapitule la morphologie des 7 pedons observés dans la plaine de BANGKOK. C'est en grande partie, le climat de cette plaine, caractérisé par une saison sèche, sévère de 6 mois, qui conditionne l'évolution de ces sols, en particulier leur "maturation" physique (physical ripening). On constate, en effet, qu'à

# THAILANDE



N Consistance: (n value)

- |                  |           |
|------------------|-----------|
| 1. Unripe        | 2.        |
| 2. Nearly unripe | 2.0 - 1.4 |
| 3. Half ripe     | 1.4 - 1.0 |
| 4. Nearly ripe   | 1.0 - 0.7 |
| 5. Ripe          | 0.7       |
| 6. Very ripe     |           |

- ▲▲ · taches rouges
- ▼▼ · taches brunes ou jaunes
- · taches de farine

Fig 2

l'exception des sédiments marins récents (pedon 5 et 7), tous les autres pedons ont une valeur de  $n$  inférieure à 0,7 donc une consistance très élevée sur plus d'1,50 m.

On considère que ces pedons ont entre 4000 et 6000 ans. L'assèchement de ces sols argileux est intense et profond, et la pyrite n'est présente qu'à environ 2 m de profondeur. L'oxydation de la pyrite - et la production d'acides qui en résulte - est renouvelée à chaque saison sèche. Les acides remontent vers les horizons supérieurs, avec la nappe phréatique, pendant la saison des pluies et une partie des acides et des sulfates est dissoute dans l'eau d'inondation qui acquiert ainsi une certaine acidité néfaste à la riziculture inondée.

Cette "maturation" intense, physique et chimique, provoque la formation de taches rouges, brunes, ou brun-jaune, au-dessus de l'horizon à taches jaunes de jarosite. Les premières taches brunes apparaissent quand la consistance de ces sols est de 2 à 3 et c'est au stade ultime de leur évolution (consistance 5-6) qu'apparaissent les taches rouges (pedons 2 et 3). Sauf dans les pedons 5 et 7, on note que l'horizon réduit se trouve généralement à plus d'1,50 m. La couleur de cet horizon qui contient généralement une certaine quantité de pyrites - est très importante pour l'évolution future de ces sols.

Type d'Argile réduite à pyrite	Couleur	Couleur	Développement par oxydation
Argile tourbeuse ou humifère sans minéraux verts	gris foncé à brun gris foncé	10YR3/1 - 10YR4/1 10YR3/2 - 10Y4/2 N4/0	sols sulfaté acides
Argile, sans minéraux verts	gris foncé à gris	10YR4/1 - 5Y4/1 10YR5/1 - 5Y5/1	sols sulfaté acides
Argile avec peu de minéraux verts	gris foncé à gris vert foncé	5Y4/1 - 5GY4/1	sols intermédiaires
Argile à nombreux minéraux verts	gris vert foncé	5GY4/1 - 5G4/1	sols marins non acides

Au Sénégal, tous les sédiments réduits des mangroves ont des couleurs 10YR3/1 - 10YR4/1 ou N4/0 et jamais on a observé des horizons réduits gris-vert foncés 5GY4/1. alors que, comme on peut le constater dans la figure 2, les pedons 5-6 et 7 ont en profondeur un horizon réduit 5GY4/1.

Le pH frais dans tous les pedons, est égal ou supérieur à 4 et le pH sec se situe généralement autour de 3,5, d'où la difficulté de les classer en sulfaquept,

malgré l'abondance des taches de jarosite. Ce sont donc, pour la plupart des sulfic Tropaquept.

Nous n'avons pas observé de pedons de sols contenant du gypse qui sont assez bien représentés dans la partie occidentale de la Plaine de Bangkok.

#### 2.4. Utilisation et aménagement

Deux régions sont à distinguer dans la Plaine de Bangkok : la partie centrale formée de sols sulfaté-acides pour environ 1 500 000 ha et la partie méridionale formée en grande partie de sols salés.

Les sols sulfaté-acides de la Plaine Centrale sont cultivés en riz, uniquement pendant la saison des pluies. Si, du point de vue physique, ils sont adaptés à la riziculture, ils posent de sérieux problèmes du point de vue chimique, à cause de leur acidité.

Il semble que le chaulage, utilisé à fortes doses, pour relever le pH n'ait pas donné de résultats intéressants ici, comme partout ailleurs, d'après les communications présentés au Symposium. Compte-tenu de la dynamique des composés acides dans ces sols pendant la longue saison sèche, la meilleure méthode pour améliorer ces sols serait encore l'introduction d'une seconde culture de riz, avec irrigation, pendant la saison sèche. Ce qui empêcherait d'abaisser la nappe phréatique et par là même arrêterait l'oxydation profonde de ces sols. Une fois par an cependant, les horizons superficiels doivent être asséchés pendant quelque temps.

Les trois principales carences de ces sols sont : le calcium, le phosphore et l'azote et aucun apport d'engrais ne répond favorablement sans un chaulage préalable. Par ailleurs, le système d'irrigation n'étant pas du tout contrôlé, il semblerait que la riziculture soit autant atteinte par les eaux d'irrigation acides, que par l'acidité du sol lui même, aussi a-t-on pensé sérieusement à chauler l'eau d'irrigation. En fait tout le système d'irrigation serait à revoir, et comme nous le démontrera la Malaine, c'est le contrôle de l'eau qui est à la base du succès de la riziculture et de l'agriculture en général sur ces sols.

Une partie importante de la Plaine Méridionale a un problème de salinité. La pluviométrie suffit cependant à dessaler les sols pour une culture de riz et une bonne récolte est encore possible, en saison des pluies, sans drainage. On pense à la Casamance, d'avant la sécheresse et à la Gambie.

La visite d'une station expérimentale nous a montré qu'avec des aménagements légers : petits barrages et drainage superficiel, ces sols pouvaient porter d'autres cultures : sorgho, agrumes, cultures maraichères et un filao qui prend une grande extension : Casuarina junghuhniana.

## 2. LA MALAISIE

Une excursion organisée, à l'issue du Symposium, par la Malaysian Agricultural Research and Development Institute (mardi) nous a conduit sur toute la côte Ouest, de la latitude 6° jusqu'à l'Equateur. Trois zones ont été visitées (fig. 3) :

- la zone de GUAR, au Nord, en grande partie rizicole ;
- CAREY ISLAND, au Centre, presque exclusivement plantée en palmiers à huile ;
- le WESTERN JOHORE BARU, au Sud : où se développent les cocotiers et les cacaoyers.

### 3.1 La zone de GUAR :

Située à l'extrémité Nord de la Malaisie Péninsulaire, cette région est le "grenier à riz" de la Malaisie et le Centre de Recherches Rizicoles du MARDI y est localisé, à BUMBONG LIMA, dans l'état de PENANG.

La pluviométrie annuelle de cette région est d'environ 2500 mm, avec une petite saison sèche en janvier-février et mars. Depuis 1957, date de l'indépendance, un très important projet d'irrigation a été mis en place afin d'assurer une double récolte de riz annuelle. Les progrès entre 1957 et 1975 ont été spectaculaires, tant pour l'augmentation des surfaces cultivées que pour les rendements. On a surtout constaté que les rendements étaient supérieurs en saison sèche qu'en saison des pluies.

Année	57	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75
Simple récolte	833	880	897	896	879	907	946	938	922	893	913	917	920
Double récolte	7	59	90	104	157	225	238	326	394	488	525	536	527
% double récolte	0,8	7	10	12	18	25	25	35	43	55	58	58	57

Superficies rizicultivées en Malaisie Péninsulaire      Tabl. 1  
(en milliers d'acres)

On constate que la double récolte de riz représente plus de 50 % des surfaces cultivées, avec plus de 200 000 ha. Les rendements varient entre 3 et 4 t/ha, ce qui permet à la Malaisie d'assurer son autosuffisance en riz ces dernières années.

Trois pedons ont été observés (fig. 4)

a) Pedon 1 : Sur des alluvions marines très anciennes, le pedon est caractérisé par un épipedon humifère, épais (25 cm), une texture argileuse, et des taches brun-jaunes jusqu'à 80 cm, l'ensemble est très consistant. L'horizon réduit débute à 88 cm, il est de couleur 5Y5/1.

Le pH frais est acide, de même que le pH sec qui varie entre 3,25 et 3.

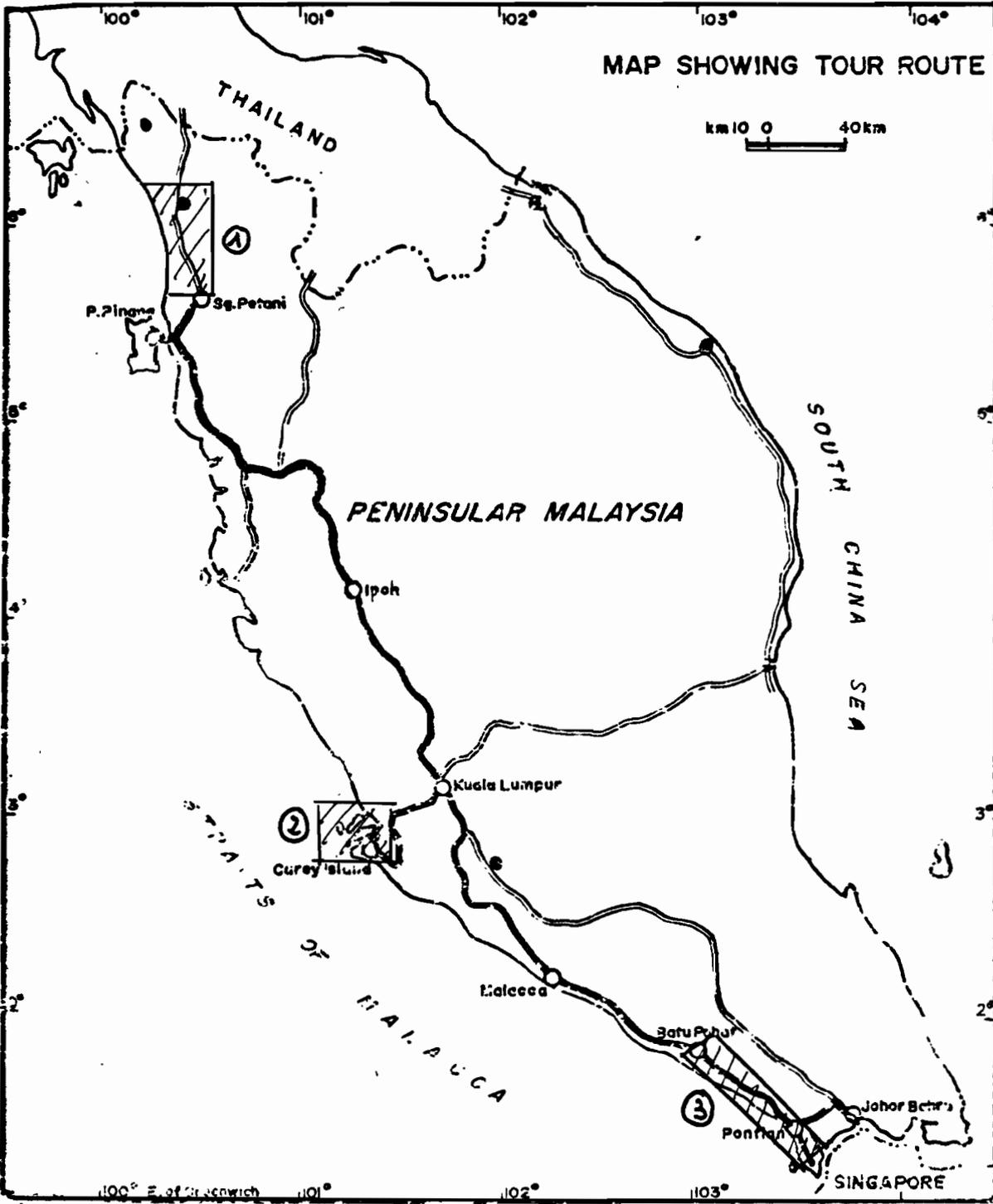


Fig 3

Zone	Pluviométrie Annuelle	Principales Cultures
①	2530 mm	Riz. (double culture)
②	1885 mm	Palmeur à huile
③	N 2460 mm	Cocotier
	S 2912 mm	Cocotier, Cacaoyer Hévéa

b) Pedon 2 : Sous une rizière, le pedon est morphologiquement semblable au précédent, mais le pH frais, comme le pH sec, sont nettement moins acides.

c) Pedon 3 : Sous une très belle rizière (2ème culture) d'un paysan malais, le pedon est nettement plus évolué et l'on note la présence de taches rouges, dans l'horizon B, mais pas de taches de jarosite, sur l'ensemble du profil. L'ensemble est très consistant.

Morphologiquement, aucun des trois pedons observés ne répond à la définition des sols sulfaté-acides, puisque nulle part, nous avons observé les taches de jarosite, mais le pH frais est souvent égal ou inférieur à 3,5. Les Malaisiens les ont classés en sulfaquept.

Les discussions ultérieures sur les problèmes de classification nous conduiront à les classer soit en sulfic Tropaquept soit en Perdysic Tropaquept,

### 3.2. CAREY ISLAND

Situé dans l'Estuaire du Sungei Langat, à une cinquantaine de km de la capitale KUALA LUMPUR, CAREY ISLAND est l'une des propriétés du groupe HARRISSON-CROSSFIELDS qui exporte environ 250 000 t d'huile de palme annuellement provenant de ses plantations de la Malaisie Péninsulaire, de Sabak, Sarawak et Indonésie.

En Malaisie même, le groupe H et C possède plusieurs propriétés d'hévéas, de cacaoyers et de cocotiers, en plus du palmier. A Carey Island, environ 10 000 ha sont plantés en palmiers à huile, 800 ha en Cacaoyers et cocotiers et 500 ha en hévéas qui vont être prochainement remplacés par des palmiers à huile. Plus de 3500 ha sont en cours d'aménagement pour le palmier à huile.

La végétation naturelle est une mangrove à Nipa, Rhizophora et Avicennia et Les Nipas sont largement prédominants. Une digue ceinture l'île et des canaux de drainage assez profonds quadrillent les palmeraies.

La pluviométrie annuelle est de 1885 mm très bien répartie :

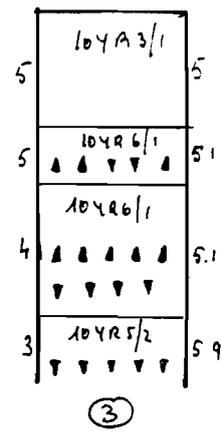
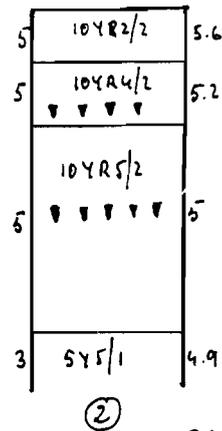
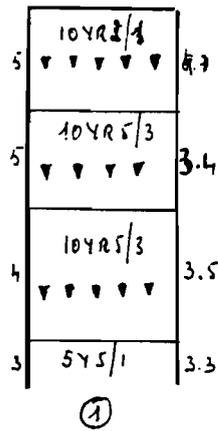
Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
P mm	123	112	128	123	94	123	141	147	188	207	270	229	1885

On note qu'aucun mois n'est écologiquement sec, mais que par ailleurs, il n'y a pas un excès d'eau.

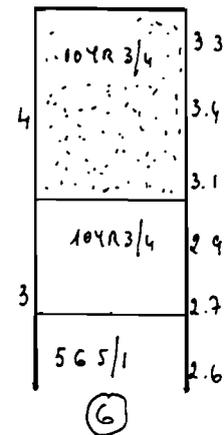
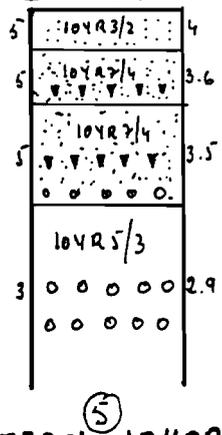
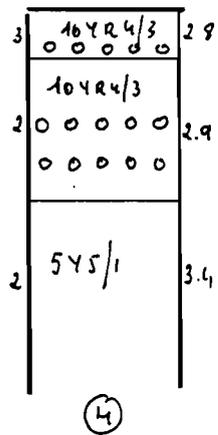
La variété sélectionnée est Tenera, provenant du croisement de DURA et de PISIFERA. Les rendements sont élevés et atteignent 8t d'huile /ha. Signalons que la Malaisie est le 2ème producteur mondial d'huile de palme.

MALAISIE

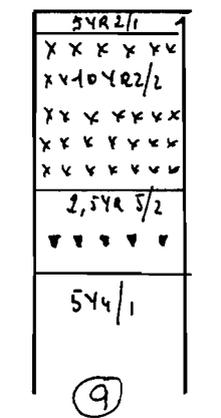
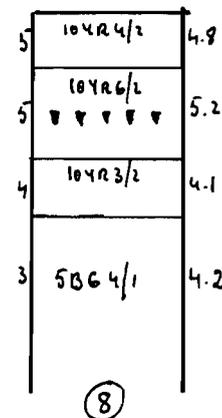
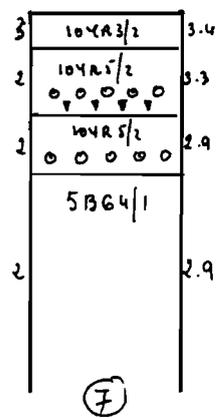
GUAR



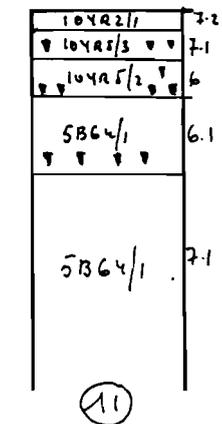
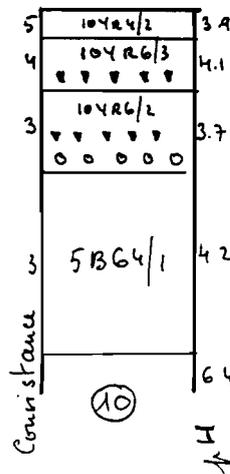
CAREY ISLAND



WESTERN JOHORE (N)



WESTERN JOHORE (S)



- ∴∴∴ Sable fin
- ××××× Tombe
- ∴∴∴ Taches brunes ou jaunes
- ▲▲▲ Taches rouges
- Jarosite

Fig 4

Comin stance  
H

- a) Pedon 4 : Sur une défriche récente de mangrove à Nipa plantée en palmiers.  
 0 - 5 cm : tourbe décomposée, brun gris foncé, 10YR3/2  
 5 - 50 cm : argileux, 10YR4/3, à taches de jarosite 2,5Y7/6 le long des racines jusqu'à 30 - 35 cm, consistance de "beurre" très nette  
 50 et + : argileux, 5Y5/1, collant, consistance 2, pas de taches.

Ce pedon n'est pas sans rappeler la plupart des pedons évolués sous *Rhizophora mangle*, du Sénégal : couleur purée de marron, consistance "de beurre" et taches de jarosite en surface ; l'horizon réduit, à pyrite, apparaît avant 50 cm. Le pH de l'ensemble du pedon, frais ou sec, est très acide, inférieur à 3. En profondeur, le pH sec est inférieur à 2. Les Malaisiens le classent en sulfaquept, mais nous pensons que morphologiquement, c'est encore un Sulfaquent et nous proposons le sous groupe sulfuric à cause de la présence de taches de jarosite en surface.

- b) Pedon n° 5 : Sous une belle palmeraie de plus de 10 ans.

On note ici la présence de deux matériaux superposés : une alluvion fluviatile formée de sable fin + argileux de 80 à 90 cm d'épaisseur sur une argile marine.

Le sable fin est bien drainé, avec des taches brunes, brun-jaune et jaunes jusqu'à 70 cm. A partir de 70 cm apparaissent des taches nettes de jarosite qu'on retrouve dans un horizon argileux. L'ensemble est consistant et le pH est acide, égal à 3,5 jusqu'à 50 cm, et inférieur à 3 dans l'horizon argileux.

C'est un sulfic Tropaquept.

- c) Pedon n° 6 : Sous une très ancienne palmeraie, les matériaux sont identiques au pedon 5 : sable fin sur argile, mais la morphologie est différente :

très peu de taches en surface, pas de taches de jarosite dans l'argile sous-jacente et présence de l'horizon réduit à partir de 90 cm. L'ensemble reste pourtant très acide, inférieur à 3,5 jusqu'à 50 cm, et inférieur à 3 dans l'argile marine.

Ce profil sera classé Fluventic Dystropept.

Le caractère commun aux trois profils observés à CAREY ISLAND est leur extrême acidité, ce qui n'empêche pas le bon développement des palmiers, ainsi que des cacaoyers ; par contre les cocotiers se développent mal sur ces sols.

En fait il semble que les deux facteurs favorables au bon développement des palmiers soient, ici, une excellente pluviométrie et une bonne maîtrise du drainage.

### 3.3. Western Johore development Scheme

On est ici en pleine zone équatoriale avec une pluviométrie élevée allant de 2500 à 3000 mm.

A l'extrême Sud, aucun mois n'a une hauteur d'eau inférieure à 200 mm. Région basse et très plate, elle est facilement inondée pendant la grande saison des pluies (octobre à décembre), et elle aurait pu constituer une zone idéale pour la riziculture, mais les populations locales, originaires de Sumatra sont essentiellement des planteurs. Un énorme projet, financé par la Banque Mondiale pour un montant de 200 Millions de dollars "WESTERN JOHORE Agricultural Development SCHEME" a pour objectif d'aménager environ 250 000 ha pour l'hévéa, le cacaoyer, le cocotier et le plamier à huile.

La tourbe est ici, présente partout, plus ou moins épaisse, et cela nous rappelle les sols à "pegasse" des Guyanes. Les Malaisiens distinguent d'ailleurs trois types de sols : les sols sans tourbe (65 000 ha), les sols à tourbe peu épaisse (4 000 ha) et les sols à tourbe épaisse (62 500 ha). 5 pedons ont été observés.

PEDON 7 : à la station de recherche sur le cocotier.

- 0 - 8 cm : brun gris foncé 10YR3/2, tourbe argileuse décomposée, consistance 3.
- 8 - 40 cm : brun gris 10YR5/2, argileux, à taches brunes, jaunes-rouges et jaunes de jarosite dans les gaines racinaires, consistance 2, "de beurre".
- 41 - + : argile gris bleu, à nombreuses taches de jarosite, consistance 2.

Le pH frais est acide et inférieur à 3.5 sur tout le pedon et le pH sec est inférieur à 3 à partir de 40 cm. Il s'agit cependant d'un pedon "non mûré" dans lequel l'extrême acidité est essentiellement due à l'action du drainage profond avec comme conséquence une oxydation brutale des sulfures en sulfates et libération d'acide sulfurique. Ici, les cocotiers se développent très mal et on pense à les remplacer par des palmiers.

Il a été classé "Typic Sulfaquept" par les Malaisiens. Nous avons proposé qu'il soit un "sulfuric sulfaquent", comme le pedon 5 de Thaïlande ou le pedon 4 de CAREY ISLAND.

PEDON 8 : sous une cocoteraie ancienne

- 0 - 14 cm : brun gris foncé 10YR4/2, argileux, consistance 5, structure subangulaire, pH 4,8.
- 14 - 37 cm : gris brun 10YR6/2, argileux, consistance 5, taches brunes et jaunes nombreuses, pH 5,2.
- 37 - 54 cm : brun gris très foncé 10YR3/2, riche en matière organique, consistance 4, pH 4,1.
- 54 cm : 5BG4/1, argileux, pH 4,2.

On note ici l'absence de taches de jarosite et la présence de l'horizon réduit à partir de 50 cm. Le pH sec de cet horizon est de 3,5 et il contient plus de 0,75 % de soufre sous forme de pyrite. Il a été classé Typic Tropaquept et on propose pour ce type de pedon un nouveau sous groupe : Sulfidic Tropaquept pour caractériser la présence de l'horizon pyritique à partir de 50 cm.

PEDON 9 : Dans une plantation d'hévéas, le pedon se caractérise par la présence d'une tourbe épaisse de 47 cm reposant sur une argile brune, puis gris foncé, contenant encore de nombreux débris de racines peu décomposés.

Nous ne possédons pas les résultats analytiques de ce profil. Il est proposé de le classer Histic Sulfaquept.

PEDON 10 : Sous une cocoteraie ancienne d'un projet pilote le pédon est bien mature, avec une consistance de 3, jusqu'à 80 cm, bien que l'horizon réduit apparaisse à partir de 40 cm. Les taches de jarosite sont présentes entre 18 et 42 cm, dans un horizon consistant. Le pH frais est supérieur à 3,5 sur l'ensemble du pédon et le pH sec est très acide dans l'horizon réduit : (2,10). Il est classé Typic Sulfaquept.

PEDON 11 : Sous une cacaoyère avec des cocotiers comme arbres d'ombrage. Le pedon est développé en surface, sur 25 cm environ, de couleur 10YR5/2 - 5/3, argileux, avec taches brunes et jaunes, consistant. De 25 cm à 40 cm, un horizon réduit, gris bleu avec des taches brunes. A 40 cm : l'argile gris bleu, sans taches, avec des débris de coquilles. Le pH frais est voisin de 7 sur tout le pédon et le pH sec ne s'abaisse pas au-dessous de 3,5. Il est généralement voisin de 7 en surface et à partir de 50 cm. Ce n'est donc pas un sulfaquent et il est à classer dans les Hydraquent.

#### 4. COMPARAISONS AVEC LES SOLS DU SENEGAL

Sur les 18 pédons observés en Thaïlande, seuls les pédons 5 et 7 de Thaïlande ont des salinités comparables à celles des sols de mangroves du Sénégal. Tous les autres pédons sont totalement dessalés sur au moins 1 m, soit qu'il s'agisse, comme en Thaïlande, de sols très anciens, très maturés et ne subissant plus du tout l'influence marine, soit que la pluviométrie très élevée, comme en Malaisie, contribue à lessiver hors des pédons les sels solubles.

Les sols sulfatés-acides des deux pays se distinguent surtout par le degré de maturation, aussi la consistance exprimée par la valeur n jouera un rôle important dans la classification de ces sols.

Les sols de la Plaine de BANGKOK sont très "maturés" sur une grande épaisseur.

L'horizon réduit, à pyrite n'apparaît généralement qu'à plus de 1,50 M. Ils présentent souvent en surface un horizon à taches rouges d'oxydes de fer résultant de l'hydrolyse de la jaronite. Au Sénégal, on trouve ce type de sols sur les terrasses basses argileuses, en Casamance, notamment dans la vallée de BAÏLA (AUBRUN-MARIUS), ainsi que dans les plaines alluviales de la région de SEDHIOU où ils ont été observés et décrits en 1961 par P. MAIGNIEN, mais non identifiés comme des sols sulfaté-acides. On les trouve aussi dans le delta du Sénégal.

En Malaisie, les sols sont beaucoup moins évolués et l'horizon réduit apparaît toujours avant 1 m. C'est aussi le cas de la plupart des sols sulfaté-acides du Sénégal (Casamance, Gambie, Saloum), où sous mangroves à palétuviers comme sous les tannes, l'horizon réduit apparaît toujours à moins d'un mètre de la surface.

En Thaïlande, comme en Malaisie, les teneurs en soufre total sont nettement plus faibles que celles du Sénégal. Les taux les plus élevés se situent autour de 1-2 %, alors qu'au Sénégal, le taux de soufre total des horizons réduits, à pyrite, dépasse souvent 5 %. Les sols de THAÏLANDE sont, dans l'ensemble, nettement moins acides que ceux de Malaisie ou du Sénégal. Le pH en THAÏLANDE descend rarement au-dessous de 3,5, alors qu'en Malaisie, comme au Sénégal, le pH s'abaisse souvent au-dessous de 3.

Caractéristique commune aux trois pays : le complexe absorbant est essentiellement dominé par le Magnésium.

Enfin, en Thaïlande comme au Sénégal, les minéraux argileux de la fraction inférieure à  $2 \mu$  sont essentiellement la kaolinite et la smectite, avec un peu d'illite.

## 5. PROBLEMES DE CLASSIFICATION

Une commission de classification composée de 10 personnes s'est réunie par deux fois : à Bangkok le 23 janvier et en Malaisie, le 29. Elle comprenait : PONS, VAN BREMMEN (Pays-Bas), ESWARAN, LYNN, WITTIG (USA), DENT (G.B.), NOORDIN DAUD (Malaisie), PANICHAPONG (Thaïlande), KHOUMA (Sénégal), MARIUS (France). Les modifications ou les propositions concernaient uniquement la Soil Taxonomy.

### 4.1. Définition

#### a) Sulfidic Material :

On rappelle qu'il est défini comme ayant un pH < 3,5 après séchage, plus de 0,75 % de S et une valeur de la consistance N (n value) > 1. Les Malaisiens pensent que la limite de 3,5 est encore élevée. Nous intervenons pour signaler que sur de très nombreux résultats concernant les solutions du sol, nous avons une excellente corrélation pH - Fer et pH - Am, liée au pH 3,5. Au-dessous de cette

valeur les quantités de fer en solution sont considérables alors qu'au-dessus de pH 3,5, il y en a très peu.

On insiste aussi pour que le pH soit mesuré sur des sols séchés pendant un certain temps ou éventuellement incubés.

Pour le taux de soufre, 0,75 % doit être considéré comme un minimum.

Pour la valeur de  $n$ , nous signalons qu'au Sénégal nous avons des matériaux sulfidiques sableux pour lesquels  $n$  est inférieur à 1. On précise alors que  $n$  est supérieur à 1 pour les sols argileux.

Certains pensent que la meilleure dénomination de ce matériau serait simplement matériau "potentiellement acide".

#### b) Horizon "sulfurique"

Il est défini comme ayant un pH frais inférieur ou égal à 3,5, des taches de jarosite > 2 % de l'horizon, une valeur de  $n < 0,7^*$ . Les Malaisiens rappellent que certains de leurs profils ont un pH très acide, inférieur à 3,5, sans taches de jarosite. Après une longue discussion, on conclut que la présence de taches de jarosite est nécessaire pour caractériser cet horizon que certains proposent même de dénommer horizon "jarositique". Les sols à pH très acides mais sans taches de jarosite seront des Perdysic Tropaquept.

### 5.2. Classification

Dans la soil Taxonomy les sols sulfaté-acides se répartissent dans les trois groupes : Sulfaquent, Sulfaquept et Tropaquept.

a) Sulfaquent : ils correspondent aux sols potentiellement sulfaté-acides et sont caractérisés par la présence du matériau sulfidique dans les 50 cm superficiels. Un seul sous-groupe est actuellement connu Typic Sulfaquent. Quatre sous-groupes ont été proposés à la suite des observations des pédons.

- Humic Sulfaquent : caractérisés par la présence d'un horizon à matière organique décomposée. Si les 50 cm superficiels sont fibreux, le pédon est un sulfihemist.

- Sulfuric Sulfaquent : (pédons 4, 7 et 9 de Malaisie). Caractérisés par la présence de taches de jarosite sur les 50 cm superficiels, mais l'horizon réductif sulfidique apparaît lui avant 50 cm. De plus  $n$  est supérieur à 1, l'ensemble du pédon est peu ou pas "maturé".

---

\* Aucune limite inférieure n'est fixée pour le taux de soufre.

- Tropaqueptic sulfaquent : caractérisés par la présence d'un horizon cambique sur le matériau sulfidique.
- Halic Sulfaquent : salinité élevée sur les 50 cm superficiels.

#### b) Sulfaquept

Le sous-groupe typique est caractérisé par la présence de l'horizon sulfurique sur le premier mètre surmontant le matériau sulfidique.

Les sous-groupes proposés sont :

- Humic sulfaquept (pédon 1 de THAÏLANDE).
- Tropaqueptic sulfaquept : caractérisés par un horizon à taches de jarosite, mais à pH compris entre 3,5 et 4,3.
- Hydraqueptic sulfaquept : caractérisés par un horizon sulfurique sur 1 m, avec  $n > 1$
- Halic sulfaquept : horizon sulfurique sur 1 m à salinité élevée.
- Sulfaqueptic sulfaquept : taches de jarosite sur 50 cm surmontant un horizon sulfidique de 50 à 100 cm avec  $n > 1$ .

#### c) Tropaquept

Un seul sous-groupe est connu, celui des sulfic Tropaquept (pédons 2, 3 et 4 de Thaïlande), caractérisé par la présence de taches de jarosite sur plus de 1 m et/ou de taches rouges en surface.

On remarquera que la valeur de  $n$  joue un rôle important dans la classification de ces sols.

## 6. CONCLUSION

Après les Guyanes et le Sénégal, nous avons pu observer - grâce à ce symposium - des sols sulfaté-acides de la zone indo-pacifique. La pression démographique pousse la plupart des pays du Sud Est Asiatique (Thaïlande, Malaisie, Viet Nam, Philippines, Indonésie) vers les zones de mangroves qu'on récupère à grands frais, pour l'agriculture; et en Malaisie, on va même jusqu'à abandonner les Terres Hautes pour les Terres Basses où les résultats obtenus pour le riz et le palmier à huile sont spectaculaires.

L'aquaculture aussi - élevage de poissons et de crevettes - connaît un important développement dans les zones de mangroves, notamment en Thaïlande et aux Philippines, dont la délégation a présenté trois communications sur ce sujet.

Parallèlement, la connaissance de la genèse et de l'évolution des sols sulfaté-acides se développe rapidement dans tous ces pays. En Thaïlande, le "Soil Survey Division" compte plus de 40 pédologues spécialistes des sols sulfaté-acides, alors qu'en Malaisie les pédologues sont rattachés aux différentes stations de recherches, d'où un certain manque de coordination dans les méthodes analytiques et des divergences dans les problèmes de classification, qui ont pu être résolues au cours de ce Symposium.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

## a) THAÏLANDE

Les références concernant la Thaïlande sont très nombreuses notamment en ce qui concerne les cartes réalisées par le "Soil Survey Division". Nous ne citerons ici que les principaux travaux de synthèse :

- BREEMEN N. van (1976) - Genesis and solution chemistry of acid sulfate soils in Thailand. PUDOC- WAGENINGEN, 1976, 262 p. Bibliographie importante.
- DENT F.J. (1972) - Reconnaissance Soil Survey of Peninsular Thailand. Rep. S.S.R. 94, Soil Survey Division, Bangkok, 32 p.
- KAWAGUCHI K., KYUMA K. (1969) - Lowland Rice Soils in Thailand. Nat. Sci. Series, N 4, Center for South East Asian Studies (Kyoto University), 270 p.
- KEVIE W. van der (1972) - Morphology, genesis, occurrence and agricultural potential of acid sulphate soils in Central Thailand. Thai. Agric. Sc., 5, p. 165-182.
- MOORMANN F.R., ROJANASOONTHON (1968) - Soils of Thailand. Rep. S.S.R., 72, Soil Survey Division, Bangkok, 43 p.
- PONS L.J., van der KEVIE W. (1969) - Acid sulphate soils in Thailand? Rep. S.S.R., 81, Soil Survey Division, Bangkok, 82 p.
- SOMBATPANIT S. (1970) - Acid Sulphate Soils. Nature and Properties. Thesis, Royal Agricultural College, Uppsala, 135 p.

## b) MALAISIE

Les travaux concernant les sols sulfaté-acides sont fragmentaires et généralement à diffusion restreinte.

Nous ne citerons que les travaux sur la Malaisie Péninsulaire.

- COULTER J.K. (1968) - Acid Sulphate soils in Malaya? Report of the Pedology-Department, Rothamsted.
- ESWARAN H., PARAMANATHAN C. (1977) - Acidity characteristics of some soils derived from alluvium in Peninsular Malaysia. Malaysiar-Agric.Journ. 51, p. 29-39.
- NOORDIN DAUD (1980) - Soil genesis on the coastal plain of Perak. (Peninsular Malaysia). D. Sc. Thesis. Univ. Gent. Mimeo, 293 p.
- PARAMANATHAN (1976) - Soils of the west Johore area. Soil Correlation Report n° 1, 1976. Ministry of Agricultural and Rural Development. Malaysia.
- POELSON A.S. (1976) - The identification of potential acid sulphate soils. MARDI Res. Bull. 4, p. 43-55.

Profon- deur. en cm.	Granulométrie %			Densité Appa- rente	C.E. extraits manches cm	Carbone %	Azote %	Bases échangeables meq/100g				pH 1/1	Sulfate total %
	Sable	Limou	Argile					Ca	Mg	K	Na		
<b>PEDON n° 1</b>													
0-7	1	35.4	63.6	1.43	3.42	3.07	0.27	9.09	8.2	0.93	3.1	4	0.17
7-22	0.5	34.5	65	1.43	3.23	2.36	0.26	6.36	7.2	0.64	2.5	3.9	0.13
22-40	1.8	35.6	62.6	1.52	2.96	0.63	0.09	6.23	8.2	0.72	2.9	3.6	0.11
40-90	4.7	32	63.3	1.07	2.65	0.33	0.04	5.5	10.1	0.88	3.5	3.4	0.87
90-135	1.3	34.2	64.5	0.89	4.34	1.07	0.05	5.5	13.9	1.12	1	3.4	0.25
135-250	1.6	27.2	71.2		5.08	2.46	0.06	6.6	13.9	1.42	2.5	3.7	1.87
<b>PEDON n° 2</b>													
0-14	1.2	43.3	55.5	1.39	1.49	1.29	0.13	4.36	5.05	0.04	1.9	3.9	0.3
14-30	4.3	33	62.7	1.47	1.89	0.49	0.06	4.36	5.86	0.58	1.82	3.6	0.51
30-60	3.1	29.4	67.5	1.36	2.68	0.33	0.05	4.39	7.43	0.66	3	3.5	0.51
60-115	2.5	27.3	70.2	1.24	3.52	0.16	0.04	4.73	8.97	0.76	1	3.4	0.88
115-165	1.5	23.9	74.6	0.98	4.40	1.03	0.05	4.83	10.1	0.92	2	3.5	0.32
165-195	1.4	28.4	70.2		5.54	3.42	0.07	5.26	11.6	1.08	3	3.5	2.7
<b>PEDON n° 3</b>													
0-26	1.5	26.2	72.3	1.1	1.36	2.55	0.22	1.79	3.91	0.44	1.7	4.1	0.16
26-48	0.6	27.4	72	1.28	1.54	0.06	0.07	2.06	5.98	0.58	2	3.8	0.11
48-72	1.2	28.5	70.3	1.38	1.93	0.09	0.04	2.35	7.37	0.70	2.5	3.6	0.13
72-100	3.2	27.6	69.2	1.48	1.98	0.13	0.04	2.54	6.67	0.72	2.82	3.4	0.48
100-130	2.1	27	70.9	1.48	2.72	0.21	0.04	2.12	6.74	0.72	3.24	3.4	0.79
130-160	4.2	22.6	73.2	1.48	2.72	0.30	0.05	2.08	6.72	0.74	3.76	3.3	0.68
160-190	1.3	28	70.7		4.57	2.16	0.06	2.50	7.65	0.86	12	3.2	0.73
<b>PEDON n° 4</b>													
0-26	26.5	44.1	29.4	1.48	2.64	0.87	0.09	4.17	3.38	0.5	1.8	4.6	0.17
26-53	25.1	45.3	29.6	1.54	1.84	0.19	0.03	2.56	2.48	0.38	1.44	4	0.11
53-80	26.7	44.1	29.2	1.42	1.93	0.04	0.03	2.32	2.44	0.40	1.64	3.8	0.57
80-120	28.8	42.1	29.1	1.38	1.98	0.06	0.02	2.85	3.52	0.46	1.84	3.7	0.05
120-170	21.7	46.9	31.4	1.28	2.20	0.13	0.02	3.38	4.57	0.52	2.50	3.7	0.07
170-240	24.7	42	33.3		2.59	0.02	0.02	3.88	5.43	0.60	2.86	3.8	0.13
<b>PEDON n° 5</b>													
0-10	1.8	35.3	62.9		42.24	3.41	0.24	5.91	21.48	2.5	3.2		0.36
10-30	2.3	31	66.7		24.20	3.85	0.22	6.76	25	3	2.8		0.56
30-50	1.9	52.3	45.8		40.48	10.13	0.21	9.50	34.33	3.5	4.2		4.75
50-100	1.8	36	62.2		33.4	3.18	0.13	6.29	24.24	4	3.6		2.61
100-150	2.1	41.4	56.5		44	3.02	0.11	7.74	25.1	4	4.4		2.17
150-200	4	40.4	55.6		40.48	2.52	0.10	9.35	28.37	4.5	4.4		1.70
200-300	4.2	41.6	54.2		45.76	2.62	0.09	10.09	27.45	4	4.6		1.58
<b>PEDON n° 6</b>													
0-22	0.6	35.5	63.9	1.24	5.45	1.10	0.1	4.73	18.9	1.42	8	4.7	0.10
22-42	1.3	28.2	70.5	1.42	5.63	0.33	0.08	4.36	18.7	1.44	4	4.6	0.11
42-70	2.7	39.9	57.4	1.17	7.9	0.20	0.06	4.39	18.22	1.37	10	4.8	0.08
70-125	6.5	45.4	48.1	1.04	10.56	0.18	0.04	4.39	19.18	1.30	8	5.3	0.20
125-165	6.6	46.5	46.9	0.95	18.5	1.86	0.08	5.89	24.8	1.56	14	6	1.43
165-265	6.2	57.6	36.2		22.9	2.47	0.08	18.19	28.37	1.72	20	6.5	2.01
<b>PEDON n° 7</b>													
0-15	1.5	35.6	62.9		63.36	3.02	0.19	8.63	33.25	4	6.6	6.2	0.29
15-50	1.4	35.6	63		39.6	2.66	0.13	6.79	27.64	4.75	4.8	6.5	0.53
50-100	0.9	26	73.1		39.6	3.28	0.13	7.73	29.8	5	4.5	6.5	2.40
100-150	1.9	26.7	71.4		44.88	2.64	0.11	9.71	31.17	5.25	4.8	6.8	1.91
150-200	1.5	34.1	66.4		27.28	2.9	0.11	21.07	41.36	5.50	5.8	7.1	2.01
200-300	1.3	30.6	68.1		55.4	2.73	0.11	24.45	38.4	5.50	7.6	7.1	1.42

**THAILANDE**

Résultats Analytiques

MALAISIE  
Résultats Analytiques

PEDON	Proton-oleur	pH	pH	C E	Soufre des sulfates %			N	Bases échangeables-meq%			
	en cm	flacis	reche'on	extrait %	Total	2N HCl Soluble	Pyrite	%	Ca	Mg	K	Na
①	0-10	5.7	3.25		0.19	0.08	0.11	0.12	1.65	1.67	0.22	0.27
	15-25	4.1	3.05		0.15	0.08	0.07	0.16	1.29	1.23	0.26	0.33
	25-52	3.4	3		0.13	0.09	0.04	0.14	1.36	1.47	0.29	0.16
	52-88	3.5	3.2		0.13	0.05	0.08	0.14	5.38	1.77	0.39	0.27
	88+	3.3	3.		0.30	0.10	0.20	0.15	3.4	2.17	0.45	0.27
②	0-15	5.6	3.9		0.04	0.01	0.03	0.23	3.21	1.68	0.13	0.11
	15-30	5.2	4		0.06	0.01	0.04	0.21	5.04	4.65	0.26	0.44
	30-85	5	4.45		0.05	0.01	0.04	0.13	9.19	12.32	0.35	0.49
	85-100	4.9	3.5		0.46	0.09	0.37	0.12	8.53	11.62	0.42	0.49
	100+	5.4	5.1		0.14	0.11	0.03	0.13	12.38	14.45	0.55	0.71
③	0-30	5	3.9		0.04	0.03	0.01	0.13	4.69	7.2	0.19	0.38
	30-45	5.1	3.9		0.04	0.04	-	0.19	8.9	9.3	0.26	0.49
	45-80	5.1	4		0.03	0.02	0.01	0.08	7.8	10.36	0.32	0.82
	80-110	5.9	4.25		0.03	0.01	0.02	0.08	8.7	12.35	0.32	0.87
④	0-3	2.8	2.8	0.95	0.41	0.35	0.06	0.14	0.48	0.82	0.22	0.54
	3-12	2.9	2.6	1.100	0.66	0.60	0.06	0.15	0.54	1.19	0.32	0.54
	12-50	3.4	3.05	0.95	0.22	0.09	0.13	0.15	0.66	1.69	0.61	0.87
	50+	2.75	1.7	10	1.73	0.32	1.41	0.19	1.21	2.62	0.16	0.92
⑤	0-13	3.95	3.5	0.2	0.06	0.06	-	0.21	1.58	0.57	0.13	0.11
	13-26	3.6	3.35	0.78	0.07	0.07	-	0.12	0.49	0.36	0.29	0.11
	26-51	3.5	3.4	0.32	0.07	0.06	0.01	0.06	0.72	0.36	0.22	0.16
	51-77	2.95	2.85	1.4	0.22	0.19	0.02	0.07	1.09	1.	0.13	0.22
	77-100	2.95	2.8	1.3	0.26	0.26	0.01	0.08	3.17	1.17	0.16	0.22
100+	3	2.85	1	0.22	0.18	0.04	0.08	0.61	1.48	0.16	0.3	
⑥	0-10	3.35	3.35	0.17	0.07	0.04	0.03	0.15	0.35	0.09	0.13	0.22
	10-30	3.30	3.3	0.3	0.07	0.05	0.02	0.08	0.11	0.04	0.1	0.27
	30-50	3.	3	1.1	0.09	0.08	0.01	0.08	0.26	0.48	0.1	0.98
	50-85	2.8	2.8	2.3	0.20	0.11	0.04	0.08	0.52	1.5	0.19	2.12
	85-100	2.75	2.65	2.2	0.49	0.13	0.36	0.13	0.85	2.44	0.29	3.15
100+	2.6	2.1	6.4	0.68	0.16	0.52	0.08	0.83	2.1	0.19	2.07	
⑦	0-8	3.45	3.3	0.19	0.12	0.07	0.05	0.67	2.94	0.61	0.26	0.16
	8-27	3.3	3.3	0.17	0.14	0.09	0.05	0.33	2.87	0.49	0.19	0.14
	27-41	3	2.95	0.27	1.17	0.19	0.98	0.26	0.49	0.79	0.16	0.14
	41+	2.9	2.15	5.4	2.	0.32	1.67	0.23	0.55	1.7	0.26	0.22
⑧	0-14	4.8	4.8	0.12	0.08	0.06	0.02	0.22	5.54	12.7	1.03	0.49
	14-37	5.2	5	0.125	0.07	0.06	0.02	0.19	6.13	15.7	0.8	0.98
	37-54	4.	3.7	0.675	0.15	0.08	0.07	0.22	3.37	10.28	0.74	1.85
	54-80	4.2	3.5	3.5	1.25	0.21	1.04	0.17	7.63	20.8	1.6	3.04
⑩	0-7	3.9	3.65	0.18	0.08	0.02	0.06	0.28	0.96	1.21	0.61	0.27
	7-18	4.1	3.8	0.165	0.08	0.03	0.05	0.27	1.03	1.61	0.3	0.22
	18-42	3.75	3.5	0.295	0.10	0.05	0.05	0.14	1.03	2.03	0.39	0.44
	42-80	4.2	2.1	6.5	1.26	0.1	0.16	0.14	2.3	3.98	0.13	0.33
	80+	6.45	6.15	4.5	0.73	0.08	0.65	0.06	19.4	7.55	0.48	1.90
⑪	3-8	7.2	6.8	0.225	0.02	0.02	-	0.12				
	8-22	7.15	7.1	0.325	0.03	0.03	.	0.13				
	22-42	6	4.75	1.	0.27	0.08	0.19	0.12				
	42-54	6.15	3.8	2.8	0.87	0.08	0.79	0.2				
54-80	7.35	7.1	1.6	1.05	0.09	0.96	0.17					