

REPUBLIC OF VIET NAM
RÉPUBLIQUE DU VIET NAM



MINISTRY OF AGRICULTURE
SECRÉTARIAT D'ÉTAT A L'AGRICULTURE



THE SOILS

OF THE
REPUBLIC OF VIET-NAM

LES SOLS

DE LA
RÉPUBLIQUE DU VIET-NAM

A RECONNAISSANCE SURVEY
WITH GENERAL SOIL MAP
AND DESCRIPTION OF THE MAJOR SOILS
IN RELATION WITH THEIR
AGRICULTURAL USE AND POTENTIAL

BY

UNE CARTOGRAPHIE DE RECONNAISSANCE
AVEC CARTE GÉNÉRALE DES SOLS
ET DESCRIPTION DES SOLS PRINCIPAUX
EN FONCTION DE LEUR AFFECTATION
ET DE LEUR POTENTIEL AGRICOLE

PAR

F. R. MOORMANN



== SAIGON 1961 ==

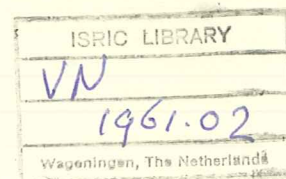
V. Meunvoort

English text, page 1-25

Fig 1 - 12 page 27 - 34

Texte françaispage 39 - 66

Scanned from original by ISRIC - World Soil Information, as ICSU World Data Centre for Soils. The purpose is to make a safe depository for endangered documents and to make the accrued information available for consultation, following Fair Use Guidelines. Every effort is taken to respect Copyright of the materials within the archives where the identification of the Copyright holder is clear and, where feasible, to contact the originators. For questions please contact soil.isric@wur.nl indicating the item reference number concerned.



REPUBLIC OF VIET NAM
MINISTRY OF AGRICULTURE

DIRECTORATE OF STUDIES AND RESEARCH IN AGRONOMY
FORESTRY AND ANIMAL HUSBANDRY

THE SOILS OF THE REPUBLIC OF VIET-NAM

A reconnaissance survey with general soil map
and description of the major soils in relation
with their agricultural use and potential

by

F. R. MOORMANN Ph. D.
Soil Expert of F A O

SAIGON — 1961

ISBN 4076

PREFACE

The general soil map of the Republic of Vietnam was prepared in accordance with clause N°. I of the Agreement between the Government of Vietnam and the Food and Agriculture Organisation of the United Nations (FAO):

« A soil survey expert is made available by FAO to the government of Vietnam, to advise and assist this government on :

Problems of soil survey and classification, mainly concerned with the classification of soils at a higher level of generalization ».

This part of the assignment was carried out by Dr. F. R. Moormann in the period from April 1956 to July 1960 under the auspices of the Directorate of Studies and Research in Agronomy, Forestry and Animal Husbandry, Ministry of Agriculture, with the cooperation of the International Cooperation Administration of the United States Government.

The author wishes to thank the authorities and technicians of the Ministry of Agriculture and of the General Commissariat for Land Development who have assisted him in the execution of his assignment.

More in particular he wishes to mention the scientific and technical cooperation he received from his colleagues Thái-công-Tụng, Trương-đình-Phủ and Nguyễn-hoài-Văn.

Finally, the author wishes to acknowledge the assistance of his colleagues, Dr. M. Drosdoff and Dr. A. Pecrot in the editing of the explanatory note.

CONTENTS

	Page
PREFACE	
I. — INTRODUCTION	i
II. — THE PRINCIPLES OF THE LEGEND	i
A. Parent materials	i
B. Topography	2
C. Nature of the soils	2
III. — DESCRIPTION OF THE MAP UNITS	ii
IV. — AGRICULTURE AND AGRICULTURAL POTENTIAL OF THE MAP UNITS	2i

I. — INTRODUCTION

The soil map is based on studies carried out from April 1957 to May 1960. These studies include :

I) Reconnaissance soil surveys by the author covering a major part of South Việt-Nam.

II) A general interpretation of the air photos covering the country.

III) A number of semi-detailed and detailed soil surveys in various regions by the soil survey sections of the State Secretariat for Agriculture and the General Commissariat for Land Development.

VI) Interpretation of existing soil, geological and topographical maps ; for example, the soil maps of Y. Henry and M. Schmid, the geological maps on a scale 1 : 500.000 and the topographical map of the country on a scale 1 : 100.000.

The general soil map gives by no means a detailed picture of the soil conditions in the country. Rather, the soil regions of Việt-Nam are represented schematically. The detail of the map is not equally precise throughout. For example, the lower Đồng-Nai region and the interior of the Transbassac area have been visited only superficially by the author. Furthermore, in these and some other areas air photo interpretation was difficult.

The terminology used for the map and in this note is taken mostly from U. S. and FAO soil publications.

II. — THE PRINCIPLES OF THE LEGEND

The soil units or associations of the map are characterized by the dominant parent rocks, the topography and the characteristics of the soils.

A - Parent rock : the following lithological groups are distinguished :

1) Recent alluvial sediments : mainly clayey but locally medium textured or sandy.

2) Recent marine sands : often forming sand dunes. No distinction was made between recently deposited sands which are yellowish and frequently calcareous (recent dunes and beaches) and older bleached sands of a whitish color.

3) Old alluvial sediments : these are mostly light to medium textured ; less often clayey materials are encountered.

4) Old marine sands : these sands, found in certain spots along the coast of Central Việt-Nam, have a red color.

5) Clay from weathering of basalt: weathered basalt is relatively rich in essential plant nutrients in comparison with other weathered rocks. Of course, other rocks like gabbros, certain shales and especially limestones may give a rich parent material too. However, these rocks are so rarely found in Việt-Nam that their presence can be neglected on the soil map.

6) Weathering products of acid rocks. Two lithological groups are recognized. On the map, areas with predominantly sandy weathering products are distinguished from the more loamy to clayey parent materials, wherever possible.

B - Relief: the following kinds of relief forms are distinguished.

1) *Flat*. — This is the relief predominantly found in alluvial plains. The differences in elevation are negligible or they only appear over long distances. Slopes rarely exceed 2 to 3 degrees, except locally as along some erosion valleys.

2) *Undulating*. — This type of relief is quite characteristic for plateaus with little erosion, as for instance, the basalt plateau in the vicinity of Ban-Mê-Thuôt. Differences in elevation hardly exceed some ten or twenty meters within a kilometer or so, with the exception of the slopes of erosion valleys and hills, like old volcanoes.

3) *Rolling*. — This is the relief of strongly eroded plateaus, like the plateau of Dalat, the region of Pleiku, etc... Local differences in elevation may exceed several hundreds of meters in deep erosion valleys. Slopes generally exceed 6 to 8 degrees.

4) *Excessive*. — This is the relief of extremely eroded plateaus and of mountains. The more or less flat areas form only a minor part of the total land surface and are mostly limited to the depressions. Differences in elevation are variable and range from 50 to 100 meters like on the plateau south of National Road n° 21 (Tuyên Đức province) to more than 1,000 meters in the mountains of the Annamitic range. Slopes generally exceed 15 degrees.

C - Characteristics of the soils.

The legend is based on a number of soil units, generally distinguished at the level of the great soil group. In some cases however, soils were subdivided at a lower level of classification. Thus, the soil map distinguishes acid and saline alluvial soils, a distinction which is made at the level of the soil family or even the soil series. In other cases, several great soil groups have been grouped together on the map, like the « podzolic soils » which category comprises several great soil groups. Also, some of the great soil groups listed in the legend of the map are not shown on the map because of their rare occurrence.

Following is a brief description of the soil units, used for establishing the legend and of their agricultural use and value.

I - Alluvial soils.

These are relatively young soils, formed on recent alluvial deposits and occurring in all climatic zones of the country.

They show little or profile development, mostly limited to only the formation of a humiferous surface horizon. Most of the alluvial soils in Việt-Nam are hydromorphous; they are waterlogged or even inundated during at least part of the year. Consequently, these soils are generally gleyed, showing rusty and grayish mottlings from the surface down.

Generally the alluvial soils are clayey; in the Mékong Delta more than 90% of these soils have a clay texture. In the alluvial plains of the Center, more lighter textured soils occur (loam, sometimes sand). In these areas one often observes profiles with a varying texture, like silt loam on clay, clay on sand or an even more complicated sequence.

Generally, the alluvial soils are relatively fertile. Most of them are used for rice and play a predominant role in Việt-Nam's agriculture.

Besides the undifferentiated alluvial soils several other units have been distinguished on the soil map. In these units other profile types occur besides the modal types described above.

The acid and strongly acid alluvial soils (acid sulphate soils) are those which have been called cat clays («terres alunées»). These soils have been formed on brackish sediments containing a variable quantity of iron sulfides. When these sediments dry out, the sulfides are oxidized which lead to the formation of sulphuric acid. This acid causes a very low pH in these soils and subsequently the formation of aluminium sulphate, formed when part of the clay is dissolved by the sulphuric acid. Two categories of acid sulphate soils are recognized: (1) The acid alluvial soils containing only a limited amount of iron sulfides. These soils after drainage do not drop to extremely low pH values (pH 3.8 to 4.5 when dry). (2) The very acid alluvial soils on the other hand, have a higher potential acidity. In extreme cases, large quantities of acid may be released on drying giving very low pH values (less than 3.8; sometimes less than 2). The first category of the acid soils is used in general for rice cultivation; yields are rather low (900 to 1500 kg. of paddy per ha.). The very acid soils are mostly not cultivated at all and if they are, give low yields. In certain areas (Đức-Hòa) pineapples are grown on these soils. The acid alluvial soils can be improved by the application of large quantities of liming materials. Only then can other measures like drainage, application of fertilizers, etc. have a maximum effect. The reclamation of the very acid soils is not ordinarily justified under the prevailing economic circumstances.

Soils with such a high salt content that the growing of rice is not possible, are mapped as saline soils. By and large, these are the soils of the mangrove swamps, although, especially in Central Việt-Nam, some marginal ricelands were also mapped in this unit. The saline soils are often not a stable soil unit. Their extension changes when part of the saline land is protected against salt water infringement. On the other hand, destruction of existing protection structures against salt water flooding gives rise to an increase of the extent of these soils.

It is to be noted that a good part of the saline soils have a high potential acidity (mangrove swamps between Vŭng-Tàu and the Đổng-Nai River). The saline soils without a high potential acidity are potentially good agricultural soils, which could become very productive if they were to be protected against salt water inundations.

The brown river-levee soils have a predominantly silt loam or silty-clay texture. They are well drained to moderately well drained because they are fairly high above the water level of the rivers. Thus, they have a brownish color and are only slightly or not hydromorphous (no gley in the upper layers). Most of the rivers of the interior of Việt-Nam and also of the plains of Central Việt-Nam have narrow river levees which occupy too small a surface to be represented on the general soil map. No brown river levee soils are found along the lower branches of the Mékong ; toward the Cambodian border they become more and more important ; in Cambodia itself their extent becomes considerable.

These soils are not well suited to rice cultivation but are excellent for various annual crops like cotton and tobacco.

2 - Regosols

These are young upland soils, showing little or no profile development. They are formed on unconsolidated materials, other than recent alluvial deposits. The regosols shown on the general soil map are formed on dune sands, whether recent yellowish to whitish sands or old red sands of the marine terraces of Central Việt-Nam). They occur in all climatic zones of the lower part of the country with average annual rainfalls ranging from 600 mm to more than 3000 mm. Profiles on recently deposited sands tend to be simple, composed generally of sand with a weak humiferous topsoil sometimes present. Vegetation is scanty or may be absent in moving dune areas. Profiles on old red sand may show a leached sub-surface horizon under the slightly humiferous top layer. The natural vegetation here is a rather dense bush. Regosols have a low agricultural value. Only the hydromorphous regosols on recent white or yellow sands are frequently cultivated (manioc, peanuts, corn, and sometimes coconut). Yields are generally low. A fair part of the regosols on old red sands is cultivated (manioc, peanuts, corn, and other crops). Here too, yields are rather unsatisfactory. In general the regosols are not cultivated.

3 - Lithosols

These soils do not appear as such on the general soil map. They are found in small spots in areas of excessive relief. Lithosols are shallow soils with only a thin layer of unconsolidated soil material over bedrock. These soils are under forest or a savanna-type vegetations ; sometimes they are bare. They occur in all climatic zones of the country. Their agricultural value is negligible.

4 - Regurs or grumusols

These soils, also called black tropical clays, show a blackish to dark-brownish surface horizon, overlying bedrock or a horizon of lighter colored clay. The whole profile is rather uniformly composed of heavy to very heavy clay. These soils are rich in plant nutrients and have generally a weak acid reaction (average pH of 6 to 6.5). In Việt-Nam, regurs have developed either on basalts or on old clayey alluvial sediments. Most of the regurs on basalt are shallow or even lithosolic and more or less stony. They occur in areas with widely varying temperature and rainfall conditions but seem to develop in preference in those parts of the country which have a pronounced dry season. Regurs on old alluvial sediments are mainly found in warm Cheo-Reo depression where the average annual rainfall is less than 1500 mm. These profiles are deep with a black surface horizon overlying a grayish, sometimes calcareous clay. Most of the regurs in Việt-Nam are hydromorphous due to waterlogging of the impervious clay during the rainy season. Gley phenomena, rusty and grayish spots, can be observed in most of these soils.

Although the regurs of Việt-Nam are high in plant nutrients they often are not suited for agricultural purposes because of their shallowness and stoniness. The regurs on old alluvial sediments are mostly in use for primitive rice cultivation; they are suited, however, for other crops like cotton, tobacco, etc. The shallow regurs on basalt generally are not cultivated; some small areas, however, are being used for food crops (corn) fruit trees (banana) and even for rubber. In all cases the plants grow well but soil preparation is a limiting factor in these stoney and shallow soils. The black alluvial or colluvial soils sometimes found in association with the shallow regurs on basalt (Phú-Yên) are excellent agricultural soils.

5 - Non-calcic brown soils

These soils are mainly found in the drier areas with an annual rainfall which is normally below 1100 mm. They are developed mostly on old alluvial sediments or on colluvial materials of variable texture but generally containing a considerable amount of coarse sand. They are found also on weathered acid rocks. The profiles consist of somewhat leached pale brown to yellowish brown surface horizons, overlying a brown or reddish brown horizon of clay accumulation. Between 40 and 80 cm depth this horizon passes to a slightly weathered horizon. Differences in texture between the surface and the accumulation horizons of clay accumulation are generally very distinct. However, in sandy profiles or in profiles developed on more recent parent materials, the differences between horizons may be rather small. Base saturation of the upper layers is medium high to high; consequently, soil acidity is only slight (pH 6 to 6.5). With depth, the base saturation and also the pH value increase; the sub-soil is neutral or even alkaline. Many of the soils of this group are stony or rocky.

Most non-calcic brown soils are not cultivated; the natural savannah vegetation with more or less dense shrubs is being used extensively for grazing (buffalo, cattle, sheep, goats).

The medium textured non-stony soils are sometimes used for dry land crops, seldom for irrigated crops. The limiting production factor is the lack of water. It seems certain that the productivity of these areas could be increased considerably by irrigation.

6 - Red and yellow podzolic soils

This is the most widespread great soil group of Việt-Nam, occurring under all but the driest climatic conditions in the country. These soils are found on a score of parent materials, including the weathering products of more or less acid rocks and old, coarse or medium textured alluvial sediments. They are rarely found on basic parent materials like the weathering products of basalt. Their morphology is to a large extent dependent on the nature of the parent material. The modal profile which can be observed in the vicinity of Đa-Lạt shows a clear and characteristic horizon sequence. Under the humiferous, gray brown surface horizon one observes a yellowish brown leached horizon. Both horizons have a loamy texture. The underlying horizon is clayey and has a red to yellow color. The structure of this horizon is blocky; it grades to a horizon of slight weathering or to weathered rock.

Many variations of this modal profile exist. In more sandy parent material, the difference in texture between the surface and the deeper horizons is much smaller and often a detailed study or laboratory analysis may be necessary to determine the existence of a clay accumulation. On slopes the second leached horizon may be masked entirely by the humiferous surface horizon which is underlain by the horizon of clay accumulation. The depth of the profiles may vary from a few decimeters to more than two meters, depending on the slope and the nature of the parent material. Certain red and yellow podzolic soils are stony. Lateritic concretions are often found in these profiles; usually occurring below the horizon of clay accumulation.

The red and yellow podzolic soils are relatively infertile; their pH is approximately 4.5 and they have a low base saturation. The physical characteristics of these soils are unfavorable. They have a low water holding capacity and become very dry in the dry season. They are very susceptible to erosion.

The majority of these soils is under forest (both broadleaf and pine forests) or savannah, their main agricultural use being for shifting rice cultivation. In the vicinity of population centers these soils are often used for such crops as manioc, peanuts, sweet potatoes, etc. In Central Việt-Nam cinnamon is locally grown on these soils as well as grapes (near Nha-Trang). Most of the truck crop farming of the Đa-Lạt area is done on these soils. They are also used for tea and for rubber (spots in southern Việt-Nam) which seem to grow well.

The red and yellow podzolic soils can be used for intensive cultivation if good soil management and conservation practices are followed. The sandy, stony or strongly sloping red and yellow podzolic soils should not be cultivated and should be used only for grazing or forestry.

7 - Gray podzolic soils (1)

These soils are predominantly found on terraces of old alluvial sediments; sometimes they are developed on slope colluvium or on sandy weathering products of acid rocks (sandstones, acid granites). They are limited to areas with an annual rainfall of more than 1400 mm. Like the soils of the previous group, they show a leached horizon and a clay accumulation horizon; however, these horizons are much less distinct. The slightly humiferous surface soil is grayish brown; the other horizons are yellowish brown or light grayish brown. At a shallow depth, one often finds a weakly developed hardpan, which distinctly hardens in the dry season. The exact nature of this pan is not yet known; it may be due to an accumulation of colloidal silica.

The gray podzolic soils of the Mekong Terrace have groundwater laterite in the subsoil at a depth varying from 1 to 5 meters. Sometimes this laterite is hard, but usually it is in the soft stage. In spots, this laterite may appear close to or even at the surface, thus forming a part of the soil profile. These areas are indicated by a special symbol (L) on the soil map.

Generally, the gray podzolic soils are poor soils; besides they are often too dry. Because they are found in areas with a flat or at most undulating relief, not too much erosion of these soils takes place. However, strong gully erosion may be noticed on the slopes of some valleys (new highway Sài-Gòn — Hồ-Nai). When cultivated, the humus tends to disappear which increases the susceptibility to erosion and which may cause a complete degradation of the surface structure.

The natural vegetation on these soils is generally an open forest. Only a minor part of these soils is cultivated. In the vicinity of the population centers (Tây-Ninh, for instance) they are used for food crops such as manioc and peanuts; yields tend to be low. When fertilized, these soils are excellent for rubber; they carry some of the most productive plantations. The rubber trees require however more care and more technical knowledge than on the reddish brown latosols.

In conclusion, the extension of rubber plantations on these soils in southern Việt-Nam is to be recommended. Food crop production is possible but only on condition that fertilizers are used regularly and that efficient soil conservation measures are applied.

8 - Low humic gley soils

These soils are associated with the soils of the two previous groups; they appear in the hydromorphic depressions within the zones of podzolic soils. On the old Mekong Terrace, larger areas of low humic gley soils have been found, the major part of which are indicated separately on the soil map. Although these soils may occur locally in the dryer areas, their importance increases in the higher rainfall zones. As in the podzolic soils a clear horizon differentiation is found in the low humic gley soil profiles. Under the surface soil, which is rather strongly humiferous non-cultivated soils, a light gray, loam to silt loam, leached horizon is encountered.

(1) Not to be confused with the gray wooded soils, which sometimes are also called gray podzolic soils.

The clay accumulation horizon beneath is strongly mottled with brown red, gray and sometimes even purple spots. The whole profile shows the effect of periodic waterlogging, these soils often being inundated during the rainy season. During the dry season the profiles mostly dry out to a considerable depth.

Although these soils are not rich (average pH of 4.5 to 5), yields are fair. A major part of these soils is used for rice cultivation. When fertilizers such as tricalcic phosphate and nitrogen (often as manure) are applied, yields of 2000 to 2500 kg of paddy per ha. are obtained. In the vicinity of Saigon, other crops such as vegetables and tobacco are grown on these soils under irrigation with well water. A better irrigation technique may well improve the productivity of these soils.

Part of the low humic gley soils, situated north of the Saigon — Tây-Ninh road is under natural wet prairie. These soils might be reclaimed for cultivation; however, technical difficulties would arise from the fact that they mainly occur in small spots which are surrounded by low quality gray podzolic soils. If cultivated, these soils would have to be fertilized regularly.

9 - Reddish brown latosols

These soils in Việt-Nam are developed exclusively on the weathering products of basalt. They are found in most climatic zones but do not seem to occur under very low rainfall (700mm). They show very uniform profiles. Under the more or less humiferous surface horizon, a reddish brown clay is found which usually continues to a great depth. In some cases more than 50 meters clay may be present. Shallow profiles are also observed but these are rather sporadic. In the upper layers, the soil structure is typically crumb, which enables rainwater to infiltrate rapidly and consequently these soils are greatly resistant to erosion. Physical degradation of these soils causes the crumb structure to change to a more compact, blocky structure which is more susceptible to erosion. This type of degradation may often be observed in soils under permanent cultivation such as is found in rubber plantations.

Although the reddish brown latosols are not very fertile, they do have a fair reserve of plant nutrients. As far as their initial nutrient status is concerned, rather wide variations may be observed which are not necessarily related to visible differences in soil morphology. Thus, it appears that reddish brown latosols with a pH value of 4.5 - 5.0 are relatively poor, whereas those with a pH of more than 5.0 are distinctly richer in plant nutrients. These differences in pH value often are visible in the natural vegetation and also in rubber plantations. Furthermore, it is quite possible that an increase in the acidity of these soils results in an excess of soluble manganese.

Primary forest is only rarely found on these soils; the natural vegetation usually is secondary forest or savannah with *Imperata Cylindrica*. The major part of the reddish brown latosols is under shifting rice cultivation (rẫy); rice yields on the soils with a higher pH sometimes are very good. The larger part of Việt-Nam's rubber and coffee plantations is found on these soils. In the coastal regions (Phước-Lễ, Quảng-Ngãi, Quảng-Trị provinces), these soils are used for intensive cultivation of a wide variety of food crops.

Large areas of reddish brown latosols could gradually be reclaimed, replacing at the same time the shifting cultivation. When continuously cultivated, however, these soils will require regular applications of fertilizers and special management practices. If these are not applied, it is preferable to maintain the shifting cultivation pattern in which the soil fertility is periodically restored.

10 - Red and yellow latosols

The yellowish members of this great soil group are only rarely found in Việt-Nam. The red latosols of Việt-Nam can be sub-divided into two groups. The first one is that formed on the higher parts on the ancient basalt plateaus in Phước-Long and Quảng-Đức provinces (Plateau des Trois Frontières). Profiles here are deep and composed of reddish to yellowish red clayey materials with a crumb to weak blocky structure. Layers with lateritic concretions are almost always found at a varying depth, sometimes near or at the surface. The second kind of red latosols on basalt is found in between the Dar-Lac and the Pleiku basalt plateau. These soils are transitional between the reddish brown latosols to the south and the earthy red latosols to the north. Their color is less red (lower chroma) and they contain less concretions at a shallow depth than the previously mentioned group of red latosols. In other regions of the country, scattered small areas of red and yellow latosols on basalt are encountered, mostly in association with other kinds of latosols and regurs. These spots usually could not be indicated separately on the general soil map. The red and yellow latosols of Việt-Nam mainly appear in regions with a rainfall between 2000 and 3000 mm annually and with a pronounced dry season.

Most red latosols have a pH of approximately 4,5; they are less fertile than the reddish brown latosols. Their water holding capacity is also lower so that they dry out more deeply in the dry season. A major part of these soils is under shifting cultivation with secondary forest or Imperata savannah being the dominant natural vegetation types. Another part (Plateau des Trois Frontières) is not cultivated at all. Poor short grass savannah can be observed here.

11 - Earthy red latosols

These soils occupy the major part of the large basalt plateau of the Pleiku-Kontum region with a rainfall of 2000-3000 mm yearly and with a long dry season. Whereas they resemble the reddish brown latosols in color and crumb structure, they differ from the latter in their chemical composition and in certain physical characteristics.

The earthy red latosols have a low base saturation and thus are rather poor and acid with an average pH of about 4,5. It appears that a good part of the fine fraction of the soil is composed of finely divided iron oxide. Thus, certain characteristics can be explained, like their friability and the lack of consistence of the peds and, consequently, their dusty character when dry. Other characteristics of the earthy red latosols are low base exchange capacity and low water holding capacity which, together with the severe dry season of the region causes these soils to periodically dry out entirely.

Most of these soils are under pseudosteppe; smaller areas of secondary forest are found. The short grass pseudo steppe vegetation causes the formation of a thin compact surface crust which severely hampers the restoration of a more luxuriant vegetation.

Part of these soils is in use for shifting rice cultivation. Tea is grown on a limited scale. The CATECKA tea plantation applies sprinkler irrigation, thus considerably increasing its yields. In view of their low fertility, these soils require special care; they may then give satisfactory yields. First of all water conservation is necessary, an excellent technique being to surround the fields by low dykes the distance between which is determined by the degree slope. Thus wise, losses of rain water by runoff can be reduced to a minimum. Secondly, fertilizers and lime should be applied regularly on these strongly weathered soils.

12 - Compact brown latosols

These soils are found mainly on the flat parts of the basalt plateau of Bảo-Lộc. Some small areas are encountered on other basalt plateaus (e. g. Dak Mĩl on the «Plateau des Trois Frontières»). These soils are mainly found under conditions of high rainfall with a weakly pronounced dry season. Although they are also developed from basalt, they differ distinctly from the other latosols, mentioned above. Color, structure and consistence are rather different. Under a humiferous, dark gray brown surface horizon, the lower horizons are yellowish brown to brown. Structure is granular in the surface layer and blocky deeper down. The soil material has a firm consistence throughout. These soils are medium poor in nutrients with pH values generally between 4.5 and 5. Certain morphological soil properties indicate that the compact brown latosols are transitional to red and yellow podzolic soils. Thus, it appears that the surface horizons have a distinctly lower clay content than the deeper horizons.

These soils are rather impervious and superficial waterlogging is a common feature during the rainy season, causing the soils to be sticky and difficult to work. Because of their slow permeability, they are more susceptible to erosion on slopes.

The presence in the subsoil of a layer of lateritic concretions leads to the supposition that these soils have developed under conditions of slow internal drainage. Because the plateau area where they developed is heavily eroded, their drainage is satisfactory at present.

A large part of these soils is planted to tea, some are used for coffee. Food and horticulture crops are grown around Bảo-Lộc. The soils are of medium quality and difficult to work. Application of fertilizers and manure are necessary for a sustained agriculture production.

13 - Lithosolic latosols

This group comprises a variety of shallow soils on basalt, which do not have the characteristics of regur. They are found associated with other latosols on most of the basalt plateaus. In general, the surfaces of these soils are too small to be

represented on the general soil map but in the region of the lower Đồng-Nai River, they occupy a large zone which is indicated on the map. The lithosolic latosols are young soils, formed on recent or subrecent lava flows and also on basalts which have been exposed by erosion, mainly on steep slopes. In accordance with the predominant color, a distinction can be made between brown and reddish brown members of the group. The latter ones are dominant in the region of the lower Đồng-Nai.

These soils are relatively rich in nutrients with pH values in the neighborhood of 6. However, they are of low agricultural value due to their stoniness and shallowness. The soils may be used for perennial tree crops like banana, coffee and rubber. On the other hand, it is recommended that the beautiful tropical forest of the lower Đồng-Nai region be preserved.

14 - Peat and muck soils

Small areas of these soils are found everywhere in the country, always occupying very poorly drained depressions. However, in the region of U-Minh in the western part of the Mekong Delta, large peat areas are found.

Peat soils consist of at least 30 cm. of predominantly organic material. The peat layers may be several meters thick and are often composed of nearly pure organic matter. The chemical composition of the peat is largely unknown. Some analyses give a high sulphur content; in others little or no sulphur is found. The sulphur, like in the acid sulphate soils, may oxidize to hydrosulphuric acid, thus acidifying the soil.

A small part of the U-Minh peats is cultivated. The fields are burned over regularly after the upper layers have dried out irreversibly because of drainage. As a result of this practice, the thickness of the peat layer diminishes gradually with the grave risk that not peat will remain to cover the very acid, more or less sterile sub-soil.

It is estimated that at least part of the U-Minh peats could be reclaimed for agriculture, giving high value horticultural land. Conditions for reclaiming are:

(1) Superficial drainage only, so as to avoid the irreversible drying out of the surface layers;

(2) application of fertilizers and of minor elements which are almost entirely lacking in those soils. In the first place, copper and molybdenum should be applied.

III. — DESCRIPTION OF THE MAP UNITS.

The descriptions of the units emphasize their physiographic characteristics and their soil pattern. In reality, the units are equivalent mostly to soil associations, the name of the unit being drawn from the predominant soil group in the area of the association. In some cases, the unit bears the name of two soil groups, when both are about equally important to characterize the association. Some units are soil complexes; they have a very intricate and often irregular soil pattern.

1 - Alluvial soils, undifferentiated (Fig. 1, 2).

This association covers most of the alluvial soils. In the Mekong Delta and the Central Coastal Plains, small areas of acid and saline soils are generally included with this unit on the map. The numerous narrow fossil beaches in the Mekong Delta, which form narrow strips of regosols, were also included in this unit. In the interior of the country, the areas mapped as alluvial soils may contain higher spots of old alluvial deposits with podzolic soils.

The region of the undifferentiated alluvial soils of the Mekong Delta can be subdivided according to geomorphology and hydrology into three main subregions or landscapes :

(1) A marine landscape, where most soils are formed of marine clays and where irrigation is mainly based on the use of the rain water.

(2) A marshy fresh-water landscape (region of double transplanted rice) in which most of the soils are waterlogged throughout the year. Typical areas are found around Phụng-Hiệp and Cần-Thơ.

(3) A river landscape (region of floating rice) with a predominance of soils, formed on river sediments. These soils are moderately well drained but are more or less deeply inundated (0.5 to 3 meters) during the high floods of the Mekong.

From the standpoint of soil classification these distinctions are rather subtle and a more detailed soil survey would be necessary to subdivide the undifferentiated alluvial soils satisfactorily on the general soil map.

2 - Saline alluvial soils .

The areas occupied by this soil unit are mostly situated below the level of the high tides. Thus, they are inundated about twice daily. Part of these however, especially those in the Trans-Bassac region are situated slightly higher and are only inundated during very high tides which at the same time may invade a part of the adjacent cultivated area. When these latter saline areas are protected against salt water inundations by means of dikes, they change to the category of nondifferentiated alluvial soils.

This unit is not exclusively composed of saline alluvial soils. Numerous small spots of sandy, often calcareous regosols are found on old beaches within the unit. Locally, the saline soils are acid at the same time.

3 - Acid alluvial soils (acid sulphate soils) .

4 - Very acid alluvial soils (very acid sulphate soils) (Fig. 3) .

Acid and very acid alluvial soils of the Mekong Delta are situated in the low back swamps. Soils acidity in these areas is far from uniform. In effect, important differences in soil acidity may be noticed over distances of a few hundred meters or even less. Thus, within the area of these units, many spots or strips with less acid soils may be found. On the other hand, the unit 4 may cover spots with strong soil acidity.

5 - Brown alluvial soils of the river levees

The level of the areas of this mapping unit varies from less than one meter to a few meters above the level of the surrounding alluvial soils. The microrelief is well developed because of a gradual shifting of the river beds forming a series of parallel river levees with strips of wet lowlands in between.

6 - Regosols on white and yellow dune sand

This unit is almost exclusively found in the coastal area, especially in Central Việt-Nam where large dune sand areas are present. Generally, the landscape is flat without the formation of dunes. In places, however, extensive dune areas are found with a strong microrelief and with dunes of several tens of meters in height. Also, one can observe locally that dune sands cover cristalline rock outcrops and hills, reaching a height of more than 100 meters (Peninsula north of Vạn-Giã).

In the area between Quảng-Ngãi and the 17th parallel, a clear distinction can be made between the recent yellowish and often calcareous sand deposits and the older whitish and leached beach sands. These fossil beaches occupy relatively large areas in Thừa-Thiên and Quảng-Trị Provinces.

Although most of the soils in this association are regosols, minor inclusions of alluvial soils (often saline) are found.

7 - Regosols on old red sand

This unit is important in the coastal region of Phan-Thiết, Phan-Rang. The red sands are formed from the remnants of one or more fossil marine terraces, situated at an elevation between approximately 60 meters and more than 200 meters. In general the landscape is undulating with some distinct higher spots. Locally, fossil dunes are found which have been fixed by the same kind of shrub vegetation that covers most of the rest of the area.

The association is mainly composed of sandy regosols with some minor inclusions of red and yellow podzolic soils, often lithosolic, found on isolated hills. Furthermore, small areas of alluvial soils are included.

8 - Shallow regurs and latosols (generally shallow) on basalt; variable topography

This unit is a complex with a very intricate soil pattern found under widely varying topographical conditions. An important part of this association is found on rather young lava flows. This is the case with most basalt areas in Phú-Yên Province and with some in Darlac and Long-Khánh Provinces. Elsewhere this association is found in places where the red soil from basalt has been largely eroded away. Such areas are found among others on the north side of the «Plateau des Trois Frontières» (Quảng-Đức Province) and on the escarpments of the basalt plateau of Pleiku around the Cheo-Reo depression. Finally, this association is found on a number of dead volcanoes, in the Long-Khánh Province for example.

Whereas, the association is composed largely of lithosolic regurs, several kinds of latosols are present. Especially on the young basalts, more or less lithosolic brown and reddish brown latosols are found frequently. Locally, small spots of deeper reddish brown latosols may be observed (Long-Khánh Province). On erosion surfaces, remnants of red and earthy red latosols may be present (Pleiku region near Chu-Tse).

Layers with lateritic concretions are found in spots ; generally they occur closely to the surface. Black and brown hydromorphic soils form minor inclusions ; in Phú-Yên Province, the surface of black alluvial soils is so important that it has been indicated on the map by a special symbol.

9 - Non-calcic brown soils on acid rocks ;
plane to rolling topography (Fig. 4).

This unit has been found only in the Phan-Rang region, where it occupies parts of the large valley of the Sông-Kinh and its tributaries at an elevation which varies from 20 to 130 meters. It is formed of a sequence of elongated, narrow rocky ridges, which are only some few tens of meters at most above the adjacent terrain. The depressions between the ridges are filled up with weathering products of crystalline rocks, slope colluvium and old alluvial sediments. The texture of these materials is sandy to sandy-clayey.

Besides the non-calcic brown soils more strongly leached soils which are transitional to gray podzolic soils are found. On the ridges lithosolic soils occur and in the depressions alluvial soils form minor inclusions.

10 - Non-calcic brown soils on old alluvial sediments ;
plane to undulating topography.

This unit is dominant in the Phan-Rang, Phan-Thiết coastal plains ; it is also found in the rather dry depressions of An-Khê. The coastal plains are situated roughly between 10 and 80 meters elevation. Although large areas have a nearly level topography, parts of the area show deep erosion valleys and hence a more rolling relief.

Non-calcic brown soils are the main components of the association. They are for the most part sandy and frequently also stony, especially when situated near the mountains. Toward the sea the soils tend to be more medium textured and some soils may even be composed of clayey material. In the depression of An-Khê light and medium textured non-calcic brown soils predominate, but here a number of clay pan soils occur with an abrupt transition of the leached surface horizons to a compact clay.

Minor inclusions in this association are alluvial soils and some lithosolic red and yellow podzolic soils on the crystalline rock outcrops and hills. In the Phan-Rang region, red mediterranean soils were found on weathered andesitic rocks.

11 - Sandy podzolic soils on acid rocks ; plane to rolling topography.

Two main regions, occupied by this association are found on the general soil map. One is situated mainly in Binh-Tuy Province on both sides of National Road n° 1. The other is located in the Darlac and Pleiku Provinces in the surroundings of Bàn-Đón village.

The areas have an irregular relief, parts are rather flat, being more or less eroded plateaus, whereas other parts are rolling with sequences of elongated low ridges. Most of the parent rocks are sandstones, but cristalline rocks (rhyolites, granites) are encountered also. The elevation of these landscapes is variable but seldom higher than 500 meters.

Most of the soils of this association are weakly developed red and yellow podzolic soils with predominantly yellowish and brownish colors. Gray podzolic soils are locally important. Minor inclusions are latosols on small basalt outcrop, alluvial soils and lithosols. The latter ones are important in the Ban-Đón area.

12 - Red and yellow podzolic soils on acid rocks ; plane to rolling topography (Fig. 5, 6,).

The type-area occupied by this association is the Đalat plateau with its undulating to rolling topography and its predominantly well developed red and yellow podzolic soils from weathered granites, dacites, rhyolites and other rocks. Another typical area is found in the low hills of Thừa-Thiên and Quảng-Trị Province where the red and yellow podzolic soils are generally shallow, sometimes lithosolic and where the soils are developed from reddish Devonian sandstones.

The physiography of this association is variable. Part of it is found on more or less eroded plateaus, as in the Dalat area, another part on low tectonic hills, as near Huế. The unit was mapped also in the wider valleys or the Annamitic mountain range. Elevation of all these areas range from some tens of meters to more than 1500 meters above sea level. The relief is mostly rolling, locally even hilly. In the valleys alluvial soils may occupy fairly important areas. Minor inclusions are formed by latosols and regurs on basalt, lithosols, low humic gley soils on the lower slopes, and also some gray podzolic soils on old alluvial sediments,

13 - Red and yellow podzolic on old alluvial sediments ; plane to undulating topography (Fig. 7).

Two main areas occupied by this unit are found : (1) the large depression of M'Drak ; (2) the depression of the Sesan-Dak Bla river and its tributaries in the area north of Kontum. Also, this unit is found regularly on the old river terraces in Central Việt-Nam. On the Mekong river terrace only one fairly important area was found which is east of National Road n° 1 between Saigon and Biên-Hòa. The relief of this association is often rather pronounced because of the presence of numerous erosion valleys in the old terrace. Thus, in the M'Drak depression, differences in elevation of more than 80 meters be observed at rather short distances. On the other hand, practically flat areas are also found. The red and yellow podzolic soils are mostly loamy with distinct clay accumulation horizons. North of Kontum, however, sandy soils dominate in the Krong Toko valley.

Inclusions of some importance are alluvial soils in the depression of rivers and brooks. Less important are low humic gley soils and gray podzolic soils.

14 - Gray podzolic soils on old alluvial sediments;
plane to undulating topography.

The most typical area of this unit is formed by the extensive old terrace of the Mekong river system, occupying an extensive region north of Saigon. Furthermore, large areas of these gray soils are found on both sides of the Pleiku-Darlac basalt plateaus. Smaller areas occur on old alluvial terraces of most of the rivers of Central Việt-Nam.

Generally, these regions have a smooth topography, especially north of Saigon. Where geological erosion has led to the formation of valleys of varying depth, the relief is more undulating. The general level of this association varies between a few meters and approximately 500 meters above sea level. The Mekong terrace, north of Saigon starts at a low level and grades to a maximum of 100 meters in the direction of the Cambodian border and towards the northeast.

Important inclusions of other soils are found within the area of this association. Locally, especially in Bình-Long province, latosols and regurs are found on small basalt outcrops. Red and yellow podzolic soils are frequently associated with the gray podzolic soils; they occur in places with free drainage and richer parent materials. Alluvial soils are found scattered over the area in narrow bands in the brook valleys. Low humic gley soils and associated hydromorphic soils occur in depressions of varying size throughout the area of gray podzolic soils north of Saigon. In other areas belonging to this association, relatively less hydromorphic soils are encountered.

Certain areas indicated as gray podzolic soils on the general soil map are in reality transitional to the association of non-calcic brown soils, as for example in the valley of the Sông-Ba, Phú-Yên province. Another aberrant area is the transition zone between the Mekong terrace and the basaltic plateaus of the Phước-Long, Phước-Thành and Long-Khánh provinces where mostly lateritic soils are found. This zone is indicated by a special symbol (L) on the general soil map.

15 - Low humic gley soils on old alluvial sediments; plane topography.

This unit occupies appreciable areas on the large terrace of the Mekong system. One small area near Phước-Lễ has also been indicated on the map. Low humic gley soils are always situated in places with a periodically high ground water table. Thus, they are found in slight depressions within the zone of gray podzolic soils and also in the transition areas between the terrace and the present-day alluvial plain of the Mekong. In the northern part of the «Plaine des Joncs» (Plain of the Rushes), a series of outcrops of the old terrace is observed which are also occupied by low humic gley soils.

Minor inclusions in this association are alluvial soils and gray podzolic soils.

16 - Podzolic soils and regurs on old alluvial sediments;
plane to undulating topography. (1)

This unit is found exclusively in the Cheo-Reo depression (Pleiku and Phú-Yên provinces). The predominant parent materials are old alluvial sediments of different ages (pliocene and pleistocene). Regurs are observed mainly on the clayey parts of the terrace in slight depressions. The somewhat higher parts of the undulating landscape are characterized by a complex of gray podzolic soils and red and yellow podzolic soils. Minor inclusions are alluvial soils, in the river valleys below the general level of the terrace. The elevation of the depression of Cheo-Reo is from 150 to 220 meters above sea level. This depression is entirely surrounded by high basalt plateaus and mountains of the Annamitic range.

17 - Complex of podzolic soils on old alluvial sediments and alluvial soils;
plane to undulating topography.

In this complex, podzolic soils dominate; alluvial soils are found in the numerous elongated depressions of a variable form which crisscross through the landscape. This complex is encountered in several places in the coastal plains of Central Việt-Nam and also in some depressions in the highlands, notably, in the valley of the Ea Krong Ana in Darlac province and in the depression of the Đa-Nhim and the Cam-Ly in Tuyên-Đức province. Elsewhere, some small areas of this unit are observed.

Different kinds of podzolic soils are found. In the highlands they belong mainly to the great soil group of red and yellow podzolic soils. Minor inclusions are low humic gley soils and gray podzolic soils. In the coastal plains of Central Việt-Nam gray podzolic soils predominate and only a few low humic gley soils are found. In Quảng-Ngãi the podzolic soils are often transitional to non-calcic brown soils.

The general relief of these areas is undulating, often with a well developed micro relief. The complex is found at various altitudes: the coastal areas are at less than 100 meters; in Darlac province the elevation is approximately 450 meters; in Tuyên-Đức province the complex is between 900 and 1050 meters above sea level.

18 - Complex of mountainous soils, mostly red and
yellow podzolic soils and lithosolic soils (Fig. 1, 5, 6, 7).

This unit occupies a major part of the highlands of Việt-Nam. Furthermore it occurs in more or less isolated spots in the plateau areas and in the lowlands. The unit comprises several physiographic landscapes. Firstly there are the true mountains some of which have summits higher than 2,000 meters. In the second place, the unit is observed in isolated mountains, hills and ridges which are surrounded by flatter basalt plateaus, old terraces or recent alluvial plains. Finally, the unit was mapped on very strongly eroded plateaus with hardly any flat or undulating parts left. An example of the latter case is found south of the road between Fimnom and Đon-Dương, where the original plateau is cut up into a pattern of small hills, approximately 100-150 meters high and without any flat parts.

(1) Part of the information on this association was obtained by verbal communication from THÁI-CÔNG-TỤNG, in charge of the survey of the Cheo-Reo depression.

All of these physiographic landscapes have in common a predominance of steep slopes, generally steeper than 10-15 degrees, and no flat areas. Their geology is variable to the extreme. Whereas igneous and metamorphic rocks (granites, microgranites, rhyolites, dacites, porphyres, gneiss, micaschists, etc.) predominate, sedimentary rocks of different age are also found (mostly sandstone-shale complexes). Some soils formed from calcareous rocks and some small basalt areas which are found scattered in the mountain region, have not been differentiated on the general soil map.

It is evident that soil conditions in the region of this complex unit will vary considerably. Even within the most important great soil group, the red and yellow podzolic soils, large variations are found related mainly to differences in parent material. Soils on granites and rhyolites are frequently sandy to loamy. On granites, the surface of the soils may be partially covered with granite boulders, as can be observed in the coastal area of Central Việt-Nam. Dacites, micaschists and sedimentary shales give a more clayey parent material on which soils are developed which may be transitional to other great soil groups (latosols, regurs, non-calcic brown soils). On weathered sandstone, predominantly sandy, weakly developed yellow podzolic soils are formed. On very sandy parent materials the profiles are often transitional to gray podzolic soils.

Small areas of latosols are sometimes observed both on basalt and on the more acid rocks; the latter under climatic conditions which are particularly favorable to the formation of latosols. Latosols on granitic parent materials are encountered on the western slopes of the Bảo-Lộc plateau. Here the climate is hot and moist and the rainfall is high.

Most of the soils of this unit are stony and shallow. Typical latosols however, do not occur frequently. They are limited to small scattered spots on very steep slopes.

Stony regosols are observed on colluvial materials of the lower slopes. Soil formation here is hampered by the continuous accumulation of newly eroded soil material.

Lateritic formations are found scattered throughout the area of this unit; their total area, however, is rather insignificant because conditions for laterite formation are rarely met in a mountainous region. The lateritic layers which are locally observed often are remnants of fossil formations, formed at the time that the area in question was flatter and not yet subjected to strong erosion.

Minor inclusions are alluvial soils in the valley bottoms. Their area is limited because the valleys are narrow.

The variable nature of the parent material is reflected quite clearly in the pattern and density of shifting cultivation. Very little shifting cultivation is found in the mountains composed of acid igneous rocks; cultivation is more intensive in areas with

dacites and sedimentary rocks, especially shales. The eventual sub-division of this unit would thus have to be based largely on the nature of the parent rock. However, such a sub-division was thought to be superfluous for the establishment of the general soil map, since the mountainous area as a whole offers only very limited possibilities for the development of a modern type of agriculture.

19 - Reddish brown latosols on basalt;
plane to rolling topography (Fig. 8, 9, 10).

This unit is found almost exclusively on basalt plateaus. The topography of these plateaus is mainly determined by the degree of erosion (which is a function of the age and the elevation of the plateaus). Thus, the Xuân-Lộc plateau is relatively flat, whereas the higher plateau of Phước-Long province shows a series of deep erosion valleys. The relief of the majority of the basalt plateaus is at least undulating; flat areas are seldom found. In the erosion valleys, the relief may be excessive with slopes of 10 degrees or more occurring frequently.

The elevation of the plateaus varies from approximately 50 meters to nearly 1600 meters above sea level near Dalat. In this association, reddish brown latosols with variable characteristics predominate. The soils of certain plateaus have a pH of 5.3 to 5.8; in other areas, lower pH values are the rule. Locally, as on the Lộc-Ninh and An-Lộc plateaus, soils with low and high pH occur side by side. The best areas of reddish brown latosols with a high pH are found on the Darlac plateau, the region west of Pleiku and on the small basalt plateaus near Lao-Bảo (Quảng-Trị province).

In the reddish brown latosol areas there are minor inclusions of other soils. Lithosolic latosols, regurs, and even some red and yellow latosols are found on many strong slopes; the latter are formed on more acid rocks which may form outcrops in strongly eroded areas (Phước-Long province). The transition areas of the basalt plateau to other landscapes often show predominantly hydromorphic brown latosols, regurs, and concretionary lateritic soils. On some plateaus recent volcanic action has taken place. On the young lava flows, push ridges, and crater walls, lithosolic latosols and stony regurs predominate.

Hydromorphic alluvial soils are found scattered throughout the area of this unit. They are not only situated in the valleys but also in more or less closed depressions surrounded by reddish brown latosols.

20 - Red and yellow latosols on basalt; undulating to rolling topography.

This unit was mapped only in the northern part of the Darlac basalt plateau and in the southern part of the Pleiku plateau. The relief in both areas is rather strong because of the presence of deep erosion valleys. The area has a general elevation of 500 to 1000 meters above sea level. The main soils here are red latosols; transitions between the reddish brown latosols to the south and the earthy red latosols to the north. The association thus comprises quite a few soils which closely resemble one or the other of these great soil groups.

Minor inclusions are mainly lithosolic latosols and regurs on steep slopes and alluvial soils in the depressions.

21 - Earthy red latosols on basalt; undulating to rolling topography (Fig. 7, II).

This unit occupies the larger part of the Pleiku-Kontum basalt plateau. It is situated approximately between 550 and 850 meters above sea level, the highest points being found just south of Pleiku.

Because of the erosion of this very old plateau, the topography is mostly sharply rolling. Less eroded surfaces have an undulating topography. A large number of old volcanoes is found here. Generally, the plateau stops abruptly against the diverse mountain ranges; the transition towards the Cheo-Reo depression in the southeast is equally abrupt and characterized by the presence of steep escarpments.

Besides earthy red latosols, profiles may be observed with characteristics of red latosols or even reddish brown latosols. The latter are mainly found on more or less steep slopes with rejuvenated relief. In the valleys alluvial soils occur and also some hydromorphic brown latosols which may be lateritic. Red and yellow podzolic soils may be observed on some strong slopes where the underlying acid rocks have been exposed by erosion.

Small spots of lithosolic latosols and regurs are found on some of the volcanoes and on a few recent lava flows.

22 - Shallow latosols on basalt; plane to undulating topography.

This unit has been mapped in the zone between the Là-Ngà river and the Đồng-Nai (Bình-Tuy province). It is a relatively low-lying area (50 to 150 meters) of young basalts. The topography is undulating with very irregular relief forms: narrow ridges and closed depressions which accentuate the youth of this landscape.

Shallow and even lithosolic latosols predominate. Usually the soil profiles are shallower than 50 cm and very stony or bouldery. These shallow soils are predominantly reddish brown. Regurs are a minor inclusion.

Very fine textured hydromorphic alluvial soils are found in the depressions.

23 - Reddish brown latosols and red latosols on basalt;
rolling topography.

An extensive area of this association is found on the «plateau des Trois Frontières» (Phước-Long and Quảng-Đức provinces). Smaller plateaus with this association are observed in Lâm-Đồng province, south of the Đồng-Nai river, and as near Kon-Plong, Kontum province. All these plateaus are situated at a rather high elevation (800 to 1100 meters). The relief of these plateaus is rather hilly due to a long period of geological erosion. The area of the original plateau is small; only narrow tablelands have been spared from erosion, the ridges being surrounded by deep erosion valleys. This erosion relief is very typical near the Cambodian border in the Phước-Long and Quảng-Đức provinces. Toward the south the valleys become less deep with the exception of the gorge of the Đồng-Nai river.

The red latosols of this association are found on the remnants of the plateaus. Some yellow latosols may be present (plateau GI near Kon-Plong). Mostly, the plateau soils are lateritic at some depth or even at the surface due to erosion. These extensive lateritic layers have undoubtedly been formed at the time the plateau area was rather flat with a ground water table at a shallow depth.

The reddish brown latosols predominate on the slopes and in the valleys of this landscape. Here, the soils are formed on materials which have been rejuvenated by erosion. These parent materials are composed of a mixture of erosion material coming from the original plateaus and of weathering products of the basalt which is exposed by erosion on the slopes.

Among the soils on the sloping parts of the landscape, lithosolic latosols are found and also deeper soils with a certain amount of lateritic concretions derived from the fossil laterite layers on the plateaus. In places outcrops of acid rocks from under the basalt cover are observed on which shallow red and yellow podzolic soils have developed. Alluvial soils on the bottoms of the V shaped valleys are minor inclusions.

24 - Reddish brown latosols and compact brown latosols;
plane to rolling topography.

This association is found only on the basalt plateau of Bảo-Lộc. It is an old plateau which has been rather strongly eroded. The highest parts of the area are situated at 700-800 meters above sea level. The flat parts, which are to be considered as the remnants of the original plateau, still occupy a major part of the area, especially to the north of Bảo-Lộc. The eroded parts have a hilly relief. The valley bottoms however, often are rather wide. The deep valleys have been partly filled with alluvial sediments.

On the flat plateaus, compact brown latosols predominate. Layers of lateritic concretions are consistently found within a depth of a few meters though outcrops of laterite are rare. On the slopes predominantly reddish brown latosols are found. The parent material of these soils is composed partly of erosion material from the plateau and is clayey and rather compact. On the slopes some shallow and lithosolic latosols are observed as well as some spots of red latosols and red and yellow podzolic soils. Alluvial soils are relatively important in this association.

25 - Peat and muck soils.

Large peat areas are found in the U-Minh region (An-Xuyên and Kiên-Giang provinces). The peat soils are situated usually a few meters above sea level. In the area a central zone of high peat (oligotrophic peat) and a bordering zone of low peat (eutrophic but mostly acid peat) can be distinguished. Because of difficult access to the region, the composition of the peat is little known.

IV. — AGRICULTURE AND AGRICULTURAL POTENTIAL OF THE MAP UNITS.

Some general remarks on the agricultural use and potential of the soil associations distinguished on the general soil map are presented in the accompanying table.

TABLE : LAND USE AND AGRICULTURAL POTENTIAL OF THE SOIL ASSOCIATION

N°	Soil Unit (abbreviated definition)	Present Land Use			Agricultural Potential — Remarks
		Not Cultivated	Main Crops	Other Crops	
1	Alluvial soils	Only the plains of the interior	Rice, production of 1.5 to 6T. paddy/ha	Sugarcane, coconut, diverse (total less than 10%)	Production can be increased considerably by irrigation, use of fertilizers, better varieties and management, etc.
2	Saline alluvial soils	Mainly in mangrove swamps	—	—	The part without potential acidity could be reclaimed by appropriate protection against the sea.
3	Acid alluvial soils	20 to 30%	Rice, production of 0.8 to 1.8 T paddy/ha	Sugarcane, pineapple	Production can be increased considerably by use of lime and fertilizers; diversification will then become possible.
4	Very acid alluvial soils	more than 80%	rice, very low production	pineapple	Reclamation generally uneconomic; very high quantities of lime would be necessary.
5	Brown alluvial soils	negligible	diverse foodcrops tobacco, fibers,	rice	Potential mainly unknown.
6	Regosols on young sand	more than 80%	diverse crops including coconut.	rice	Low agricultural potential; no significant increase of cultivated surface to be expected; locally coconut may be introduced.
7	Regosols on red sand	most	diverse crops like manioc and peanuts	—	Low agricultural potential, little increase of cultivated area to be expected. Some improvement of existing cultivation through irrigation and use of fertilizers and manure.
8	Regurs and latosols	most (little shifting cultivation)	diverse crops and fruits (corn dry rice, manioc, bananas)	some rubber and coffee	Extension of cultivation possible; mainly tree crops including rubber. Rich soils but difficult to cultivate because of stoniness.
9	Non-calcic brown soils on acid rocks	more than 90%	—	—	Low agricultural potential; too sandy and too stony.

10	Non-calci brown soils on old alluvium	most (shifting cultivation rather frequent)	foodcrops, tobacco, cotton.	rice	With irrigation and improved management, increase of production and diversification of agriculture possible. Fertilizers necessary, especially for sandy soils.
11	Sandy podzolic soils	more than 95%; little shifting cultivation	—	—	Low agricultural potential; soils too dry and too sandy, often too stony.
12	Red and yellow podzolic soils on acid rocks.	most; rather frequently under shifting cultivation	vegetables (Dalat), diverse foodcrops (Hué)	Cinnamon, Tea	Extension of intensive agriculture of the Dalat area possible on condition of application of fertilizers, and good soil management. Soils very susceptible to erosion; low inherent fertility.
13	Red and yellow podzolic soils on old alluvium	more than 90% but much shifting cultivation	foodcrops and kenaf (Kontum)	—	On flat parts, extension of agriculture possible; soils require heavy application of fertilizers; irrigation often necessary, especially on sandy soils.
14	Gray podzolic soils	most; rather frequent shifting cultivation	rubber (southern Viet Nam), foodcrops such as manioc, peanuts, etc.	—	Potential area for rubber. Extension of foodcrops and fruit trees possible on condition of intensive agricultural methods and large scale application of fertilizers and good soils management. Irrigation necessary; low inherent fertility.
15	Low humic gley soils	Appr. 20%	rice, average production 2T paddy/ha with fertilizers	vegetables, fruit trees, tobacco	The non cultivated part could be reclaimed. With improved irrigation, second crops after rice would be possible.
16	Podzolic soils and regurs	mostly, with the exception of the regurs. Rather frequent shifting cultivation	rice on regurs, corn	—	Low potential of podzolic soils, possible intensification and diversification on regurs.
17	Podzolic soils and alluvial soils	more than 50% of the podzolic soils	rice on all soils. Diverse, foodcrops, horticulture, etc. on podzolic soils	—	Increase of production by use of fertilizers, especially on podzolic soils. In the highlands, more of these lands could be reclaimed (Mixed farming).
18	Mountainous soils	more than 95% locally intensive shifting cultivation	—	tea (near Dalat)	Low agricultural potential because of strong relief and predominantly poor shallow soils. This unit forms the main forest reserve of Viet Nam.

19	Reddish brown latosols	more than 60% but intensive shifting cultivation	rubber, foodcrops, fruit trees	coffee	High agricultural potential for plantation crops (rubber, coffee) and industrial crops (fibers, tobacco etc). Important possibilities for dry land foodcrops, vegetables and fruit trees. Fertilizers necessary ; more soils could be irrigated.
20	Red latosols	mostly ; rather dense shifting cultivation	—	—	Medium agricultural potential. Industrial crops can be grown on condition of application of organic and inorganic fertilizers. Soil and water conservation measures are necessary ; irrigation desirable.
21	Earthy red latosols	mostly ; little shifting cultivation	—	tea (Pleiku)	Medium agricultural potential Industrial crops can be grown on condition of organic and inorganic fertilizer application. Soil and water conservation measures are necessary ; irrigation desirable.
22	Shallow latosols	more than 95% very little shifting cultivation	—	—	Because of shallow and stony soils, low agricultural potential. Limited possibilities for tree crops and fruit trees (bananas). Excellent forest reserve.
23	Reddish brown and red latosols	mostly (shifting cultivation on slopes)	—	Coffee tea and abrasin plantation	Rather low agricultural potential. The reddish brown latosols of the slopes can be reclaimed partly if soil conservation measures are applied. Intensive cultivation recommended ; use of fertilizers necessary.
24	Reddish brown and compact brown latosols	more than 40% (rather intensive shifting cultivation)	tea	coffee food crops	Medium to high agricultural potential. Extension of tea and coffee ; possibly introduction of other tropical crops, fruit trees, food and industrial crops. Soil conservation measures necessary on sloping land.
25	Peat and muck soils	mostly	rice	vegetables and fruits	Unknown agricultural potential. It is believed that these soils may be excellent horticultural land provided fertilizers are used including probably minor elements such as copper and molybdenum. Ground-water level should be maintained near the surface.



(photo USOM)

fig. 1—Coastal plain of Central Vietnam with alluvial soils, gray podzolic soils on river terrace and slope colluvium and mountainous soils.

Plaine côtière du Centre Vietnam ; sols alluviaux, sols podzoliques gris sur terrasse et colluvions de pente et sols montagneux.



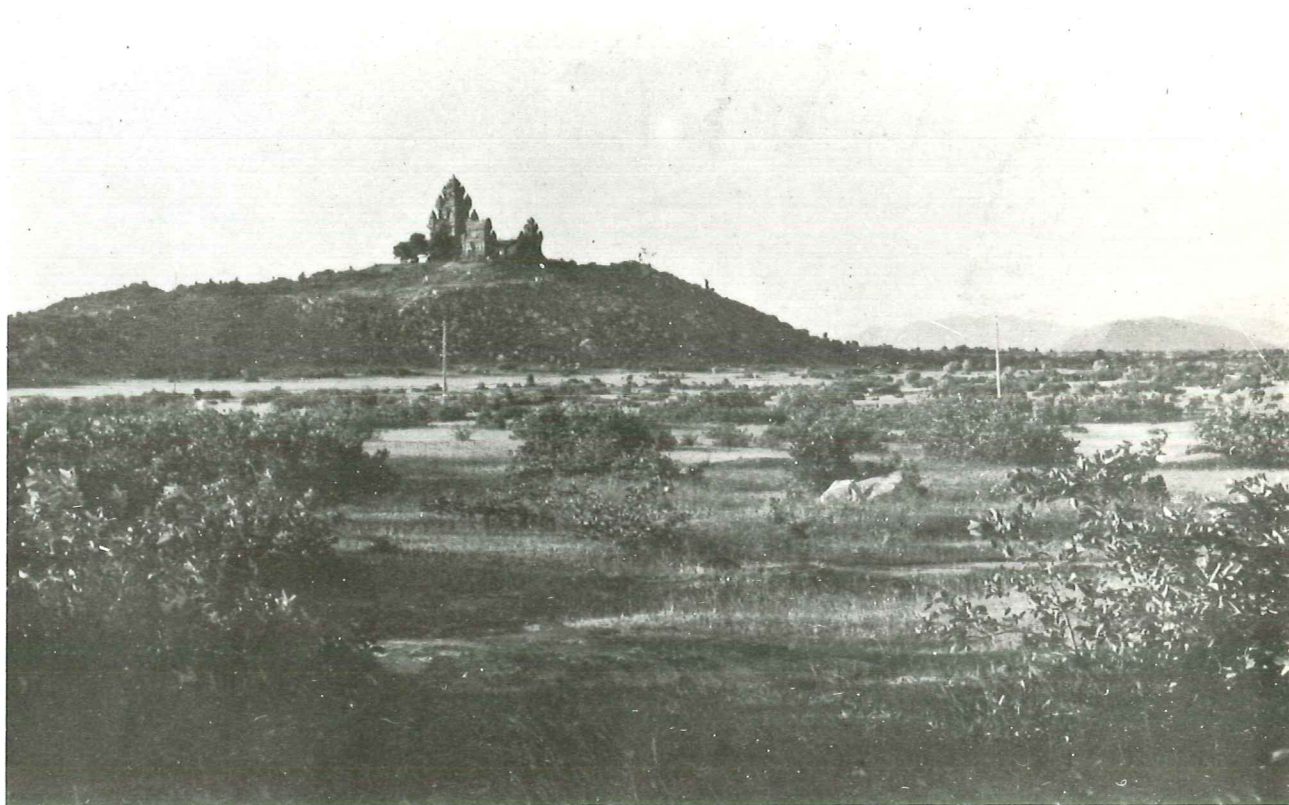
(photo USOM)

fig. 2 — Land preparation for rice-seedbed in Central Vietnam. Notice the often practiced hand-irrigation.
Préparation d'une pépinière de riz au Centre Vietnam. Remarquez l'irrigation à la main que l'on rencontre fréquemment.



(photo Moormann)

fig. 3—Acid marsh in south Vietnam with rushes (Cyperaceae) and some Tràmbrushes (*Melaleuca Leucadendron*)
Marais acide au sud Vietnam ; végétation de joncs (cyperacées) avec quelques touffes de Tràm (Melaleuca Leucadendron).



(photo Drosdoff)

fig. 4—Shallow non-calcic brown soils and related soils on granitic and andesitic rocks in Central Vietnam.
«Non calcic brown soils» peu profonds et sols associés sur roches granitiques et andésitiques au Centre Vietnam



(photo USOM)

fig. 5 -

Rolling red and yellow-podzolic soils near Dalat. Intensive truck-cropping in the valleys and on the lower slopes.

Sols podzoliques rouges et jaunes près de Dalat. Exploitations horticoles intensives dans les vallées et sur les bas de pentes



(photo Moormann)

fig. 6 _Tea plantation on mountainous red and yellow podzolic soils near Dalat.
Plantation de thé sur sols podzoliques rouges et jaunes de montagne près de Dalat.



(photo Moormann)

fig. 7_ High plateaus near Kontum. Red and yellow podzolic soils on old alluvial sediments with shifting cultivation. Mountainous soils and, in the foreground, earthy red latosols
Hauts plateaux aux environs de Kontum. Sols podzoliques rouges et jaunes sur alluvions anciennes avec cultures itinérantes (ray), sols montagneux et, au premier plan, des latosols rouges terreux



fig.8 _Shifting rice cultivation on reddish brown latosols in Darlac province.
Culture itinérante de riz sur latosols brun-rouge à Darlac.



(photo USOM)

fig. 9 _Permanent agriculture on reddish brown latosols in Darlac province.
Culture permanente sur latosols brun-rouge à Darlac



fig. 10—Plantation crop (coffee) on reddish brown latosols in Darlac province.
Culture de plantation (café) sur latosols brun-rouge à Darlac.

(photo USOM)



(photo Moormann)

fig. 11—Savanna on earthy red latosols in Pleiku province. In the background, an extinct volcano.
Savane sur latosols rouges terreux dans la province de Pleiku ; à l'arrière plan un ancien volcan.



(photo Drosdoff)

fig. 12—Tea on flat compact brown latosols near Bao-Loc.
Culture de thé sur latosols bruns compacts à relief plat aux environs de Bao-Loc

RÉPUBLIQUE DU VIET NAM
SECRÉTARIAT D'ÉTAT A L'AGRICULTURE

DIRECTION DES ÉTUDES ET RECHERCHES
AGRONOMIQUES FORÊSTIÈRES ET ZOOTECHNIQUES

LES SOLS DE LA RÉPUBLIQUE DU VIET-NAM

Une cartographie de reconnaissance avec carte
générale des sols et description des sols principaux
en fonction de leur affectation et de leur potentiel agricole

par

Dr. F. R. MOORMANN
Expert Pédologue de la FAO

SAIGON — 1961

AVANT PROPOS

La carte générale des sols de la République du Vietnam a été établie conformément à la clause N° I de l'Accord passé entre le Gouvernement du Vietnam et l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO), à savoir :

«Un expert pédologue de la FAO sera mis à la disposition du Gouvernement du Vietnam, dans le but de conseiller et d'assister ce gouvernement :

«Sur des problèmes de cartographie des sols, surtout en ce qui concerne la classification générale des sols».

Le travail fut entrepris par le Dr. F. R. Moormann durant la période d'Avril 1957 à Juillet 1960 sous les auspices de la Direction des Etudes et Recherches Agronomiques, Forestières et Zootechniques et en collaboration avec l'Administration Internationale de Coopération du Gouvernement des Etats Unis.

L'auteur désire exprimer ses remerciements envers les autorités et les techniciens du Secrétariat d'Etat à l'Agriculture et du Commissariat Général au Développement Agricole, qui l'ont aidé dans l'exécution de sa tâche.

Plus particulièrement, il désire mentionner le concours scientifique et technique, qu'il a eu le plaisir de recevoir de ses collègues, M.M. Thái-Công-Tụng, Trương-Đình-Phủ et Nguyễn-Hoài-Văn.

Finalement, il est très reconnaissant envers ses collègues, M.M. Dr. M. Drosdoff et Dr. A. Pécrot, qui ont bien voulu l'assister dans la rédaction définitive de la notice explicative.

TABLE DES MATIÈRES

	Page
AVANT-PROPOS	
I. — INTRODUCTION	39
II. — BASES DE LA LÉGENDE	39
A. Roche mère	39
B. Topographie	40
C. Composition pédologique	40
III. — DESCRIPTION DES UNITÉS DE LA CARTE	50
IV. — L'AGRICULTURE ET LE POTENTIEL AGRICOLE DES UNITÉS DE LA CARTE DES SOLS	62

I. — INTRODUCTION

La carte se base sur des travaux exécutés pendant la période d'Avril 1957 à Mai 1960. Ces travaux comportent :

I) Reconnaissances pédologiques, exécutées par l'expert dans la plus grande partie du Sud Viet-Nam.

II) Interprétation générale des photos aériennes du pays.

III) Cartographies semi-détaillées et détaillées de plusieurs régions, exécutées par la section de cartographie du Secrétariat d'Etat à l'Agriculture et par le Commissariat Général du Développement Agricole.

IV) Interprétation de levés antérieurs d'ordres pédologique (e.g. les travaux de Y. Henry et de M. Schmid), géologique (cartes au 500.000^e du Viet-Nam) et topographique (carte au 100.000^e du pays).

La carte générale des sols ne représente nulle part, en détail les conditions pédologiques du pays. Elle donne des renseignements synthétiques sur les différentes régions pédologiques. Le détail de la carte n'est certainement pas partout d'une même précision. Certaines régions, comme p.e. le Bas-Donnai et l'intérieur du Transbassac, n'ont pas été visitées par l'auteur de façon systématique. En outre, dans ces régions, l'interprétation des photos aériennes se heurte à des difficultés.

La terminologie de la carte et de cette notice est empruntée principalement aux travaux pédologiques américains et à ceux de la FAO.

II. — BASES DE LA LEGENDE

Les unités (associations) pédologiques de la carte se distinguent par la composition pédologique, la roche mère et la topographie générale.

A — En ce qui concerne la roche-mère, les groupements lithologiques suivants ont été distingués :

1) Alluvions récentes : principalement des argiles, localement des limons et des sables.

2) Sables marins récents, apparaissant souvent sous forme de dunes. Aucune distinction n'a été faite entre les sables récents de couleur jaune et parfois riches en calcaire (dunes et plages de mer actuelles) et les sables subrécents, lessivés et de couleur blanche.

3) Alluvions anciennes. Généralement ces dépôts sont sableux à limoneux ; moins fréquemment, on trouve de l'argile.

4) Sables marins anciens : les sables, se trouvant à certains endroits le long de la côte du Centre Viet-Nam, sont de couleur rouge.

5) Argile d'altération de basalte. Le basalte donne un matériel de départ riche qui se distingue nettement de tout autre produit d'altération. Il est évident que d'autres roches, comme les gabbros, certains schistes et surtout les calcaires donnent également un matériel de départ riche. Ces roches cependant sont tellement rares au Viet-Nam, que nous avons pu les négliger à l'échelle de cette carte au millionième.

6) Produits d'altération de roches acides. Aucune subdivision n'a été faite d'après la nature géologique de la roche. Cependant, sur la carte nous avons essayé de séparer les régions caractérisées par des produits d'altération en prédominance sableux et les régions où le matériel de départ est surtout limoneux ou limono-argileux.

B - En ce qui concerne la topographie, on peut séparer les formes de relief suivantes :

1) *Plat.* — Relief des plaines alluviales avec des différences de niveau soit négligeables, soit seulement visibles sur de longues distances. Les pentes ne dépassent pas 2 à 3 degrés, sauf très localement, p.e. dans des vallées encaissées.

2) *Ondulé.* — Relief des plateaux peu entamés par l'érosion p.e. le plateau basaltique aux environs de Ban-Mé-Thuôt. Les différences de niveau à courte distance ne dépassent guère quelques dizaines de mètres, sauf aux endroits où l'on trouve des vallées encaissées ou des collines, comme p.e. des anciens volcans, des affleurements rocheux etc. . .

3) *Vallonné ou fortement ondulé.* — Relief des plateaux fortement entamés par l'érosion, comme p.e. les environs de Pleiku, le plateau de Dalat, etc... Différences de niveau dépassant souvent 100 mètres, parfois plus, dans des vallées fortement encaissées; pentes dépassant 6 à 8 degrés en général.

4) *Accidenté.* — Relief des plateaux très fortement entamés par l'érosion et des montagnes. Les terrains plus ou moins plats n'occupent qu'une très faible partie du paysage et se situent en général, dans les dépressions. Les différences de niveau sont très variables : de l'ordre de 50 à 200 mètres dans les plateaux séniles (p.e. le plateau au sud de la route de Fimnom à Dran), plusieurs centaines de mètres et même plus de 1000 mètres dans les montagnes de la Chaîne Annamitique.

C - En ce qui concerne la composition pédologique.

La légende se base sur un nombre d'unités pédologiques, généralement distinguées au niveau du grand groupe de sols. Dans certains cas, les grands groupes de sols ont été subdivisés à un échelon de classification inférieur. Ainsi, la carte indique des sols alluviaux acides et salins, distinction qui se situe au niveau de la famille pédologique. Dans d'autres cas, plusieurs grands groupes ont été réunis, comme p.e. les sols podzoliques, là où ils sont inséparables à l'échelle de la carte. Aussi, la liste des grands groupes de sols, mentionnés sur la carte n'est pas complète car certains groupes apparaissent seulement d'une façon très sporadique sur le terrain.

Nous donnerons ci-après une brève description des unités pédologiques distinguées en vue de la compilation de la carte, en indiquant également leur utilisation et leur potentiel agricole.

1 - Sols alluviaux

Ce sont des sols relativement jeunes, formés sur des dépôts alluvionnaires récents. C'est pourquoi le développement du profil est faible, et est le plus souvent limité à la formation d'un horizon supérieur plus ou moins humifère. La plupart des sols alluviaux du Viet-Nam sont hydromorphes, c.a.d. qu'ils sont gorgés d'eau ou même inondés pendant une bonne partie de l'année. En conséquence, ces sols montrent généralement des phénomènes de gley (taches de rouille et décolorations grises) dès la surface.

Les sols alluviaux sont généralement composés d'argile : dans le Delta du Mékong notamment, plus de 95% des sols alluviaux sont argileux. Dans les plaines alluviales du Centre, on rencontre plus de sols alluviaux à texture plus légère, limoneux ou même sableux. Aussi, dans ces régions, on peut observer fréquemment des dépôts stratifiés de couches de texture variable : limon sur argile, argile sur sable et autres séquences plus compliquées.

Les sols alluviaux sont relativement riches en éléments nutritifs. La plus grande partie de ces sols est occupée par la riziculture, avec parfois d'autres cultures très diverses. Il faut admettre que, à présent, les sols alluviaux forment largement la base de l'agriculture du Viet-Nam.

Outre l'unité de sols alluviaux non différenciés, nous avons distingué sur la carte quatre autres unités où, à côté du sol type, on rencontre de nombreux profils aberrants.

Les sols acides et les sols fortement acides, (argiles sulfatées) sont connus comme les «terres alunées». Ce sont des sols, formés sur des dépôts saumâtres contenant une quantité variable de pyrite (Fe S_2). Lorsque le sol est asséché, la pyrite s'oxyde en formant de l'acide sulfurique qui rend le sol plus ou moins acide, provoque une certaine dissolution des argiles et donne lieu à la formation de sulfates d'alumine. (alun). Nous avons considéré qu'il est nécessaire de séparer les «terres alunées» en deux groupes :

- Les sols acides ne contenant qu'une quantité assez limitée de pyrite ; leur acidité, après drainage et oxydation, ne monte pas de façon extrême (pH de 3,8 à 4,5 environ à l'état sec)

- D'autre part, les sols très acides ; ils ont un grand potentiel d'acidité et, dans les cas extrêmes, peuvent donner naissance à de grandes quantités d'acide (pH de 2 à 3,8 parfois en dessous de 2 à l'état sec). Les sols acides en général sont occupés par la riziculture ; les récoltes y sont médiocres (900 à 1500kg par ha. en moyenne) ; les sols très acides sont le plus souvent incultes ou donnent des rendements très pauvres. Dans certaines régions (Đức-Hòa), les sols très acides sont utilisés pour la culture d'ananas.

Les sols acides, en premier lieu, peuvent être améliorés par l'application de fortes doses de calcaire moulu (la chaux étant trop chère); c'est seulement ensuite que les autres techniques culturales (drainage, application d'engrais) auront le maximum de rendement. La mise en culture des sols très acides dans les conditions économiques actuelles du pays est à déconseiller.

Parmi les sols salins, nous ne comptons que les sols qui ont une teneur en sels telle qu'ils ne donnent pas de récoltes satisfaisantes de riz. En général, ce sont des sols à palétuyiers, toutefois dans les plaines alluviales du centre, nous rangeons également dans cette catégorie, les sols qui donnent des récoltes de riz marginales. Les sols salins ne représentent pas une unité pédologique stable; le simple fait d'une protection contre les inondations de l'eau de mer peut faire diminuer leur teneur en sels. D'autre part, la destruction des travaux de protection contre les inondations (comme p.e. à Ca Mau) peut donner lieu à l'extension de la zone des sols salins.

Il est encore à remarquer que souvent les sols salins peuvent avoir une acidité potentielle assez accusée (sols à palétuyiers entre le Cap St. Jacques et le Sông Nhà Bè ou Đồng-Nai par exemple). Les sols salins sans acidité potentielle sont à considérer comme de bonnes terres qui pourraient devenir très productives à condition de les protéger contre les inondations.

Les sols alluviaux bruns des berges se composent surtout de matériaux limoneux ou limono-argileux. Leur position relativement élevée, vis-à-vis du niveau de l'eau dans les rivières, leur assure un bon drainage. Ils ont alors une couleur brune, tandis que l'hydromorphisme y est faible (pas ou peu de gley dans les couches supérieures). La plupart des rivières de l'intérieur du pays et des plaines alluviales du Centre Viet-Nam sont bordées d'une mince bande de ces sols, bande tellement étroite qu'elle ne peut être reproduite sur la carte au millionième. Les sols alluviaux bruns des berges sont absents le long des parties inférieures des branches du Mékong; ils gagnent en importance vers le Cambodge où ils prennent une extension et une importance beaucoup plus grandes. Ces sols conviennent relativement peu à la riziculture; ils sont cependant d'une haute qualité agricole pour des cultures annuelles très diverses (e.a. le coton et le tabac).

2 - Régosols

Ce sont des sols jeunes, qui ne montrent pas ou peu de développement de profil, et qui sont formés sur des matériaux meubles autres que les dépôts alluvionnaires récents. Les régosols, qui figurent sur la carte générale des sols du Viet-Nam, sont formés sur des sables dunaux, soit récents (sables jaunes à blancs), soit datant d'une époque plus ancienne (sables rouges des terrasses marines du Centre Viet-Nam). Les profils sur sables récents sont très simples; généralement ils sont entièrement constitués de sable d'une même couleur, parfois une mince couche humifère est présente en surface. Dans les profils sur sables rouges anciens, on remarque parfois un horizon légèrement lessivé de couleur rosâtre, en dessous de la mince couche humifère de surface.

Les régosols n'ont qu'une valeur agronomique restreinte. Les régosols sur sable jaune sont seulement cultivés dans les endroits humides (manioc, arachides, parfois cocotiers). Les régosols sur sable ancien sont plus souvent cultivés (manioc, arachides, peu de maïs et d'autres cultures); les rendements sont plutôt médiocres. La plupart des régosols, cependant, sont incultes.

3 - Lithosols

Ces sols, quoique ne figurant pas comme tels dans la légende de la carte, apparaissent régulièrement, en petites surfaces, dans les régions à relief accidenté. Ce sont des sols squelettiques dont la couche de terre meuble ne dépasse guère quelque décimètres. Ces sols sont sous forêt, savanne et parfois ils ne portent pas de végétation: ils n'ont pas de valeur pour l'agriculture du pays.

4 - Régurs (Grumusols)

Ces sols, aussi appelés argiles noires tropicales, se composent d'un horizon humifère noirâtre ou brun foncé, reposant directement sur la roche ou sur une argile de couleur plus claire. Ils sont presque uniformément composés d'argile lourde ou très lourde, sont riches et faiblement acides (pH de 6 à 6,5 en moyenne). Au Viet-Nam, on trouve les régurs soit sur des basaltes (terres noires basaltiques), soit sur d'anciens dépôts alluvionnaires argileux. Les régurs sur basalte sont presque toujours peu profonds, même squelettiques et plus ou moins pierreux. Les régurs sur alluvions anciennes argileuses sont rencontrés presque uniquement dans le climat particulier de la dépression de Cheo-Reo (sec et chaud); ils sont profonds; l'horizon humifère supérieur repose sur une argile grisâtre, parfois calcaire. La majorité des régurs du Viet-Nam montre des signes d'hydromorphisme: l'eau de la saison des pluies qui stagne dans les argiles très lourdes ou sur le sous-sol imperméable fait apparaître des phénomènes de gley (taches de rouille et taches grises).

Bien que riches en éléments nutritifs, les régurs du Viet-Nam ne conviennent pas souvent aux cultures à cause de leur faible profondeur et leur pierrosité. Les régurs sur alluvions anciennes sont le plus souvent utilisés par la riziculture (culture primitive des montagnards) mais peuvent être aussi occupés par d'autres cultures (coton, tabac, etc...). Les régurs squelettiques sur basaltes sont généralement incultes. De petites surfaces cependant sont occupées par des cultures vivrières (maïs), fruitières (bananes) et même par la culture de l'hévéa. Dans tous les cas, la croissance des plantes est bonne, mais la culture est difficile à cause de la pierrosité. Les sols alluviaux ou colluviaux noirs que l'on rencontre en association avec les régurs (à Phú-Yên, par exemple) donnent des rendements excellents.

5 - "Non calcic brown soils"

Les sols bruns non calcaires se rencontrent surtout dans les régions sèches avec une pluviométrie normalement inférieure à 1100mm. Ils sont développés principalement sur des alluvions anciennes et des colluvions de pente de texture variable, renfermant souvent une quantité considérable de sable grossier. On les trouve aussi sur des matériaux d'altération de roches acides. Les profils se composent d'un horizon supérieur,

appauvri en argile, un horizon d'accumulation d'argile de couleur brunâtre ou brun-rougeâtre et, à profondeur moyenne, un horizon peu altéré. La différence de texture entre les horizons de lessivage et d'accumulation est, en général, très nette. Cependant, dans des profils de texture très sableuse ou dans des profils sur matériaux plus récents, la distinction entre ces horizons s'avère parfois difficile. La saturation en bases des couches supérieures est moyennement élevée à élevée ; par conséquent, la réaction n'est que faiblement acide (pH de 6 à 6,5). En profondeur, la saturation et aussi la valeur du pH augmentent ; le sous-sol est neutre ou même alcalin. Les sols de ce groupe sont souvent pierreux ou rocheux.

La majorité des « non calcic brown soils » est inculte ; la végétation naturelle est une savane ou un maquis et se prête à l'élevage ; on y trouve des troupeaux importants de buffles, bœufs, moutons et chèvres. Les sols non pierreux à texture moyenne sont parfois utilisés pour des cultures sèches, rarement pour des cultures irriguées. Le facteur limitant la production étant surtout la pénurie d'eau, il est certain que la productivité de tels terrains pourrait être augmentée considérablement par l'irrigation.

6 - Sols podzoliques rouges et jaunes

Formant le grand groupe de sols de loin le plus répandu du Viet-Nam, ces sols se rencontrent sur des produits d'altération de roches les plus diverses, à l'exception des roches basiques, ainsi que sur des alluvions anciennes de texture sablonneuse à limoneuse. Sur ces roches-mères différentes, les caractères morphologiques des sols podzoliques rouges et jaunes sont généralement assez variables. Le profil « type » de ce grand groupe de sols, que l'on peut observer entre autre aux environs de Đà-Lạt, possède une séquence d'horizons assez caractéristique. En dessous de l'horizon supérieur, humifère et de couleur brun grisâtre, on observe une zone de lessivage brun jaunâtre. Les deux horizons supérieurs sont nettement appauvris en éléments fins et ont une texture limono-sableuse. L'horizon d'accumulation sous-jacent a une texture argileuse et une couleur rouge à jaune. La structure de cet horizon est nettement polyédrique ; cet horizon passe graduellement, vers le bas, à des matériaux peu altérés ou à la roche pourrie. A partir de ce profil « type » on observe de nombreuses variations. Les sols formés sur des matériaux de départ sableux montrent moins de différence texturale entre l'horizon lessivé et l'horizon d'accumulation ; parfois des observations très détaillées ou des analyses de laboratoire sont nécessaires pour déterminer l'existence d'une accumulation d'argile. Sur pente, on observe parfois que l'horizon de lessivage maximum est masqué par l'horizon humifère de surface, qui alors passe directement à l'horizon d'accumulation. La profondeur totale des profils varie entre quelques décimètres et quelques mètres, suivant la pente et la nature de la roche-mère. Certains de ces sols sont très pierreux. Fréquemment, on rencontre des concrétions latéritiques dans le profil même ou, plus souvent, en dessous de l'horizon d'accumulation.

Du point de vue chimique, les sols podzoliques rouges et jaunes sont pauvres ; leur pH se situe aux environs de 4,5 et la saturation en bases est basse. Du point de vue physique, ces sols ont des caractères moyens à médiocres. Il ne retiennent pas très bien l'eau et se dessèchent assez fortement en saison sèche. Ils sont, en outre très susceptibles à l'érosion.

La plus grande partie de ces sols se trouve sous forêt ou sous savane, la principale culture est la culture itinérante (rẫy) du riz. Près des centres de population dense, ces sols sont souvent utilisés pour des cultures vivrières comme le manioc, l'arachide, les patates etc. Dans le centre Viet-Nam, certains de ces sols sont occupés par la culture de la cannelle ; près de Nha-Trang on y trouve la culture du raisin, tandis qu'à Đà-Lạt la plupart des cultures maraîchères s'étendent sur ces sols. Certaines plantations de thé (Arbre-Broyé) se trouvent en totalité ou en partie sur ces sols et, finalement, dans la zone septentrionale du Viet-Nam, on observe des plantations d'hévéa qui se situent en partie sur les sols podzoliques rouges et jaunes et y donnent de bons rendements.

En résumé, les sols podzoliques rouges et jaunes conviennent aux cultures intensives, à condition de leur fournir régulièrement des éléments fertilisants et en quantités suffisantes, à condition également d'utiliser des techniques culturales (protection contre l'érosion, etc...) bien adaptées. Les sols podzoliques jaunes et rouges qui sont trop sableux, trop pierreux ou qui se trouvent sur des fortes pentes ne conviennent cependant pas aux cultures et ils seront mieux utilisés pour les pâturages ou pour l'établissement d'une réserve forestière.

7 - Sols podzoliques gris

Ces sols sont rencontrés surtout sur des alluvions anciennes (anciens dépôts de terrasse) sableuses ou sablo-limoneuses ; parfois on les trouve sur des colluvions de pente et sur des matériaux sableux d'altération de roches acides (grès, granites acides). Comme les sols podzoliques rouges et jaunes, ils montrent un horizon de lessivage et un horizon d'accumulation de particules fines ; ces horizons sont cependant beaucoup moins prononcés. La couleur de la couche humifère est brun grisâtre foncé ; les autres horizons ont une couleur brun jaunâtre ou brun grisâtre clair. A profondeur faible ou moyenne (20 à 60cm), on rencontre fréquemment une couche qui se durcit en saison sèche. La nature de cette couche est encore inconnue, nous croyons qu'il s'agit d'une accumulation de silice colloïdale. Les sols podzoliques gris qui se situent sur l'ancienne terrasse du système du Mékong montrent en profondeur (1 à 5 mètres) une couche de latérite hydromorphe (groundwater laterite), parfois durcie, mais le plus souvent à l'état mou. A certains endroits, cette couche latéritique apparaît près ou même à la surface, et intervient dans la constitution du sol. Ces endroits sont indiqués sur la carte par un symbole spécial (symbole L).

Les sols podzoliques gris sont des sols pauvres et très souvent trop secs. Comme le relief est plat ou faiblement ondulé, ils ne sont pas trop susceptibles à l'érosion ; sur les versants de certaines vallées encaissées, ils s'érodent cependant très vite. L'oxydation de l'humus, après le défrichement, accentue encore leur érodibilité et cause en outre, une dégradation complète de la structure de la surface. La plus grande partie de ces sols est inculte. Vers les centres d'habitat (Tây-Ninh, p.e.), on les utilise pour des cultures vivrières, surtout manioc et arachides, avec des résultats assez médiocres.

A condition d'un apport régulier d'éléments fertilisants (N. P. K., cuivre) ces sols conviennent très bien à l'hévéaculture et on y trouve des plantations très productives. L'hévéa cependant, y demande beaucoup plus de soins et de connaissances techniques que sur les « terres rouges ».

On peut conclure que, dans le sud du Viet-Nam du moins, l'extension de l'hévéaculture sur les sols podzoliques gris est à conseiller. D'autre part, les cultures vivrières y sont possibles à condition d'un apport régulier de fumure organique et d'engrais chimiques et à condition de protéger le sol contre les effets néfastes du soleil et des pluies battantes.

8 - "Low humic-gley soils"

Ces sols sont des associés hydromorphes de sols podzoliques rouges et jaunes et de sols podzoliques gris. Ils occupent ainsi les dépressions dans des paysages couverts par ces grands groupes de sols. Dans la région de la terrasse du Mékong, ces sols prennent souvent une extension considérable et ainsi, nous avons pu les distinguer comme unité séparée sur la carte générale des sols.

Les «low humic gley soils», comme les sols podzoliques, montrent une nette différenciation d'un horizon lessivé et d'un horizon d'accumulation. La couche supérieure, assez fortement humifère, dans le cas de sols non défrichés, passe à une couche lessivée de couleur gris-clair et de texture limoneuse à sablo-limoneuse. L'horizon d'accumulation, de texture généralement argileuse, est fortement bariolé de taches grises, ocre, rouges et parfois même mauves. Dans tout le profil, on remarque l'effet d'un hydromorphisme périodique. En effet, ces sols sont gorgés d'eau et même inondés en saison des pluies. Par contre, ils peuvent se dessécher assez profondément en saison sèche. Quoiqu'ils ne soient pas des sols riches (pH moyenne de 4,5 à 5), ils donnent toutefois de bons rendements. Une bonne partie de ces sols est occupée par la riziculture, les récoltes y sont moyennes à bonnes (2000 à 2500 Kg de paddy par ha), moyennant l'application régulière de phosphate tricalcique et d'azote (souvent sous forme organique). En outre, aux environs de Saigon, ces sols sont souvent utilisés pour des cultures secondaires (diverses cultures maraîchères, tabac), moyennant l'irrigation par l'eau phréatique. Une amélioration de la technique d'irrigation pourrait les rendre plus productifs.

Une partie de ces sols, situés au nord de l'axe Saigon-Tây-Ninh, est inculte (prairies humides). La mise en valeur de ces sols est certainement possible mais rendue difficile par leur situation dans des dépressions de dimensions modestes, environnées par des sols podzoliques gris de qualité médiocre. L'apport régulier d'engrais est une nécessité absolue pour la mise en valeur de ces sols.

9 - Latosols brun-rouge

Ces sols, connus comme « les bonnes terres rouges » sont développés au Viet-Nam, sur l'argile d'altération de basalte. Leur profil est très uniforme ; sous la couche supérieure plus ou moins humifère, on trouve de l'argile brun-rougeâtre foncé qui, en général, se continue sans modifications visibles sur des profondeurs considérables qui peuvent dépasser 50m. On trouve aussi des profils peu profonds (40-50cm) mais ceux-ci sont relativement rares. La structure est grumuleuse dans les horizons superficiels, ce qui permet une infiltration très facile des eaux de pluie et une faible susceptibilité à l'érosion. La dégradation des propriétés physiques de ces profils se traduit, en premier lieu, par l'altération de la structure grumuleuse qui devient plus compacte et polyédrique en même temps qu'augmente la susceptibilité à l'érosion. Une telle dégradation s'observe souvent dans les sols sous cultures permanentes (p.e. dans les plantations d'hévéa). Quoique moyennement pauvres du point de vue chimique, les latosols brun-rouge montrent une réserve assez satisfaisante en éléments nutritifs. Du point de vue de leur richesse initiale, les latosols brun-rouge montrent cependant d'assez fortes différences qui ne sont pas forcément liées à des différences de leur composition physique. Ainsi, on trouve que, les latosols brun-rouge à pH de 4,5-5 sont relativement pauvres, surtout en potasse, tandis que les latosols à pH supérieur à 5 en sont bien pourvus. Ces différences de pH se marquent souvent dans la végétation naturelle et dans les plantations d'hévéa. En outre, il est possible qu'une augmentation de l'acidité dans ces sols amène un excès de manganèse soluble.

La majeure partie des latosols brun-rouge est occupée par la culture itinérante du riz (rây) ; les récoltes sur ces sols à pH élevé sont souvent remarquablement bonnes. On y trouve en outre la majeure partie des plantations d'hévéa et de café du Viet-Nam. Vers les régions côtières, les latosols brun-rouge sont occupés par des cultures vivrières intensives et bien diversifiées (Phước-Lê, Quảng-Ngãi, Quảng-Trị).

Les vastes surfaces de latosols brun-rouge pourraient être mises en valeur graduellement, en supprimant la culture itinérante. Il faut cependant noter que la culture permanente de ces sols exige un apport continu d'engrais verts, de fumure et surtout d'engrais chimiques. Sinon, ces sols risquent de perdre toute leur fertilité et, dans ces conditions, la culture itinérante qui restaure périodiquement le niveau de fertilité est de loin préférable.

10 - Latosols rouges et jaunes

Les membres jaunes de ce grand groupe de sols, sont rencontrés d'une façon sporadique au Viet-Nam. On peut diviser les latosols rouges du Viet-Nam en deux groupes. D'abord, les latosols rouges des sommets et des parties planes du vieux plateau basaltique des Trois Frontières (Phước-Long). Ces sols ont une couleur rouge à jaune rouge. Les profils sont très profonds, de texture argileuse et de structure grumuleuse à faiblement polyédrique. Des couches de concrétions latéritiques sont rencontrées à des profondeurs variables, parfois près de la surface.

On rencontre également des latosols rouges sur basalte au nord du Darlac et au sud du plateau de Pleiku. Ces sols sont à considérer comme des transitions entre les latosols brun-rouge et les latosols rouges terreux. Leur couleur est moins rougeâtre que celle des profils des Trois Frontières (rouge foncé ou même brun-rouge). Les concrétions latéritiques y sont peu fréquentes, tout au moins on ne les trouve que très rarement à faible profondeur.

Ailleurs, dans le pays, on trouve de petites surfaces de latosols rouges et jaunes sur basalte, associés le plus souvent à d'autres latosols, et à des régurs sur basalte. Ces endroits, en général, ne peuvent être séparés sur la carte à l'échelle du 1/1.000.000.

Les latosols rouges ont un pH qui se situe aux environs de 4,5, ils sont plus pauvres que les latosols brun-rouge. Leur capacité de rétention de l'eau est moins grande ; ils se dessèchent plus vite.

Une grande partie des latosols rouges est occupée par la culture itinérante de riz ; une autre partie, surtout au plateau des Trois-Frontières, est inculte, le plus souvent sous savane à courtes herbes (Pseudo-steppe).

II - Latosols rouges terreux

Ces sols occupent de vastes surfaces sur le plateau basaltique de Pleiku-Kontum. Apparentés aux latosols brun-rouge par leur couleur (brun-rouge à rouge) et leur structure grumeleuse, ils diffèrent cependant de ceux-ci par leur composition chimique et par certains caractères physiques. Ce sont des sols à basse saturation en bases, donc relativement pauvres et assez acides (pH moyen de 4,5). Il semble que la partie fine de la terre dans ces sols est pour une bonne partie formée d'oxydes de Fer et non pas par de l'argile dans le sens chimique du mot. C'est ce qui explique l'une de leurs caractéristiques principales comme leur grande friabilité et la faible consistance des mottes de terre, ce qui les rend extrêmement poussiéreux à l'état sec. D'autres caractéristiques des latosols rouges terreux sont leur faible capacité d'absorption des bases et leur basse capacité de rétention d'eau. Ce dernier caractère, en rapport avec la saison sèche sévère de la région, les rend très secs périodiquement.

La végétation à courtes herbes (pseudosteppe) provoque la formation d'une mince croûte tassée à la surface ce qui rend la régénération de la végétation très difficile.

Une partie de ces sols est sous culture itinérante (rây) ; on y trouve également quelques plantations de thé, dont celle de la CATECKA ; cette dernière augmente fortement sa rentabilité par l'irrigation par arrosage.

A cause de leur grande pauvreté, ces sols nécessitent des techniques culturales spéciales, ils peuvent alors donner des rendements intéressants. D'abord, la conservation de l'eau est une nécessité. Les terrains de culture devront être entourés par des diquettes, plus serrées quand l'inclinaison du terrain augmente. Ainsi on diminue des pertes de ruissellement de l'eau de pluie.

Ensuite, l'utilisation d'engrais verts, l'application régulière d'engrais chimiques et le chaulage sont nécessaires sur ces sols fortement altérés.

12 - Latosols bruns compacts

Ce sont des sols qu'on trouve surtout sur les parties plates du plateau basaltique de Bão-Lộc et, sporadiquement, sur d'autres plateaux basaltiques (à Dak Mil, sur le plateau des Trois Frontières, par exemple).

Quoique formés également sur basalte, ils diffèrent nettement des autres latosols déjà mentionnés par leur couleur, leur structure et leur consistance. En dessous de la couche supérieure humifère brun-grisâtre foncée ils montrent une couleur brunâtre à brun-jaune. Leur structure est granulaire dans la couche supérieure et polyédrique dans les couches inférieures. Ils se distinguent par une compacité assez grande dans tout le profil. Du point de vue chimique, ce sont des sols assez pauvres ; leur pH se situe vers 4,5 à 5. Certains caractères morphologiques indiquent que les latosols bruns compacts sont une transition vers les sols podzoliques rouges et jaunes. Ainsi il semble que l'horizon supérieur est nettement appauvri en argile.

L'eau ne pénètre pas facilement dans ces sols, et pendant la saison pluvieuse on observe souvent une saturation d'eau superficielle qui rend les terres très collantes et difficiles à labourer. Aussi, leur faible perméabilité les rend assez susceptibles à l'érosion lorsqu'ils sont situés sur une pente.

La présence d'une couche de concrétions latéritiques à quelques mètres de profondeur fait supposer que ces sols sont évolués dans des conditions de drainage assez lent. Ces conditions ne sont plus actuelles car le plateau basaltique où ils se sont formés a été ensuite fortement entamé par l'érosion, de sorte que le drainage de ces sols est maintenant satisfaisant.

Une bonne partie de ces sols est occupée par la culture du thé, on y trouve moins de café. Des cultures vivrières et horticoles s'y rencontrent aux environs de Bão-Lộc. Ce sont des sols moyennement bons, difficiles à travailler et d'une fertilité naturelle assez limitée. Ainsi, l'application d'engrais chimiques et autres y est nécessaire.

13 - Latosols squelettiques

Sous ce nom, nous avons groupé les sols de faible profondeur sur basalte qui n'ont pas les caractéristiques des régurs. On les trouve associés aux autres latosols sur la plupart des plateaux basaltiques. En général, ils ne peuvent pas être distingués à l'échelle de la carte, mais dans la zone du bas Đông-Nai, ils prennent une extension telle qu'ils ont été distingués comme unité séparée. Ce sont des sols jeunes, formés sur des coulées de laves récentes ou sur des formations basaltiques découvertes par l'érosion (pentes généralement assez fortes). D'après la couleur, on pourrait les distinguer en latosols squelettiques bruns et latosols squelettiques bruns rouges. On trouve ces derniers surtout dans la vaste région du bas Đông-Nai, déjà mentionnée. Du point de vue chimique, ces sols sont relativement riches, leur pH se situe aux environs de 6. Cependant, leur pierrosité et leur faible profondeur les rendent peu propices à la culture. Des cultures arbustives (bananier, café, éventuellement hévéa, etc) offriront le plus de possibilités pour la mise en valeur de ces sols. D'autre part, les grandes extensions du bas Đông-Nai pourraient très bien servir comme réserves forestières de haute qualité.

14 - Sols tourbeux

On rencontre de petites surfaces de sols tourbeux un peu partout dans le pays; elles sont toujours situées dans des dépressions mal drainées. Ces sols prennent cependant une grande extension dans la région de U-Minh, située dans l'ouest du Delta du Mékong.

Les sols tourbeux sont caractérisés par une épaisseur d'au moins 30cm de matériaux en prédominance organique. La tourbe de U-Minh peut atteindre plusieurs mètres; elle est souvent composée presque exclusivement de matériaux organiques. On connaît cependant mal la composition minérale de la tourbe de U-Minh: certaines analyses indiquent d'assez hautes teneurs en soufre, d'autres ne donnent que de faibles teneurs. Le soufre, comme dans les argiles sulfatées, peut provoquer la formation d'acide par oxydation.

Une petite partie seulement des tourbes de U-Minh est exploitée par la culture. En drainant, et en brûlant la surface périodiquement, la surface de ces terrains cultivés descend graduellement; on risque d'arriver ainsi sur le sous-sol qui est, le plus souvent, fortement sulfaté (aluné) et plus ou moins stérile.

Nous estimons qu'une bonne partie des tourbes de U-Minh pourrait être mise en culture, en donnant des terres horticoles excellentes. Les conditions pour un tel développement seraient:

- drainage seulement superficiel en évitant tout dessèchement irréversible des couches superficielles.
- application d'engrais minéraux et d'oligo-éléments qui manquent presque absolument dans de tels sols. Les oligo-éléments à appliquer en premier lieu sont le cuivre et de molybdène.

III. — DESCRIPTION DES UNITÉS DE LA CARTE.

La description porte sur les caractères physiographiques de chaque unité ainsi que sur leur composition pédologique. Les unités distinguées, en réalité, sont des associations de plusieurs sols, l'unité ayant reçu son nom d'après le groupe de sols dominant dans telle région. Dans certains cas, deux noms de groupes de sols ont été utilisés pour indiquer une unité cartographique; la région est alors en prédominance composée de ces deux groupes de sols.

Le mot complexe, utilisé pour certaines unités, indique une composition pédologique du terrain très compliquée et souvent irrégulière.

I - Sols alluviaux non différenciés (fig. 1,2)

Cette association comporte, en majorité, des sols alluviaux de tout genre. Dans le Delta du Mékong et les zones côtières du Centre, on trouve fréquemment de petites surfaces de sols acides et de sols salins, non mentionnées sur la carte. On y rencontre également de nombreux cordons littoraux anciens qui forment autant de bandes étroites occupées par des régosols. Dans les régions de l'intérieur on trouve, parmi les sols alluviaux, parfois de petits îlots d'alluvions anciennes occupés par des sols podzoliques.

Du point de vue géomorphologique et hydraulique, la région des sols alluviaux non différenciés du Delta du Mékong pourrait encore être subdivisée en plusieurs « paysages ». Ainsi, on peut distinguer :

— Un paysage marin, où les sols sont, en dominance, formés par de l'argile d'origine marine et où l'irrigation se fait surtout par l'eau de pluie.

— Un paysage marécageux d'eau douce (région du riz à double repiquage) avec en prédominance, des sols saturés d'eau pendant toute l'année (exemple type : la région de Phụng-Hiệp, Cần-Thơ).

— Un paysage de rivière (région du riz flottant) avec, en prédominance, des sols formés sur sédiments fluviaux ; sols qui connaissent un bon drainage naturel, sauf pendant les crues du Mékong quand ils sont recouverts de 0,5 à 3 mètres d'eau d'inondation.

Cependant, du point de vue pédologique, ces distinctions sont assez subtiles et des travaux de cartographie plus détaillée seront nécessaires avant qu'on puisse subdiviser cette unité des sols alluviaux non différenciés.

2 - Sols alluviaux salins

Les régions occupées par des sols alluviaux salins se situent en grande partie en dessous du niveau des marées hautes ; ils sont inondés à chaque marée. Cependant une partie de ces terrains, surtout dans le Transbassac, est située à une altitude un peu supérieure et ne s'inonde que pendant certaines marées très hautes, qui peuvent envahir parfois les terrains cultivés avoisinants. Une amélioration des travaux de protection contre l'eau de mer, travaux qui, à l'heure actuelle, se trouvent dans un état assez primitif, entraînera la disparition tout au moins partielle de la salinité.

Outre les sols alluviaux salins qui, dans certains endroits, sont aussi acides, on trouve, dans ce paysage, de nombreuses petites crêtes étroites et peu élevées. Ce sont d'anciens cordons littoraux ; ils sont occupés par des régosols sableux, généralement calcaires.

3 - Sols alluviaux acides (sols sulfatés acides)

4 - Sols alluviaux très acides (sols sulfatés très acides) Fig. 3

Les régions des sols alluviaux acides, avec celles de l'unité suivante forment les parties basses (backswamps) du Delta du Mékong. L'acidité de ces régions est loin d'être uniforme. En effet, on observe souvent des variations d'acidité importantes sur quelques centaines de mètres de distance et même moins. Ainsi, on trouve dans les régions de l'unité des sols alluviaux acides de très nombreuses petites superficies dont l'acidité est très prononcée à côté d'autres nettement moins acides, souvent situées le long des chenaux naturels. Aussi, dans les régions cartographiées comme très acides, on observe une minorité de sols acides et vice-versa sans qu'il soit possible de noter ces variations locales sur une carte de reconnaissance.

5 - Sols alluviaux bruns des berges

Les terrains occupés par ces sols se trouvent à une altitude moyenne de quelques dm à quelques mètres au-dessus du niveau des sols alluviaux environnants. Le microrelief des ces terrains est bien accusé ; à cause du déplacement graduel ou rapide des cours d'eau, on observe en général des successions de levées naturelles de rivières, formant une série de bandes surélevées et entre lesquelles on observe des terrains plus bas, souvent hydromorphes, parfois marécageux.

6 - Régosols sur sable dunal blanc et jaune

Cette unité apparaît presque uniquement dans la zone côtière ; ce paysage prend une extension importante surtout dans certaines plaines du Centre. Le relief du paysage des régosols est généralement plat ; ces cordons littoraux, récents ou anciens, n'ont pas donné lieu à la formation de vraies dunes. Dans d'autres endroits cependant, on remarque un microrelief important avec des dunes de plusieurs dizaines de mètres de hauteur. On observe aussi localement des sables recouvrant des collines cristallines ; leur altitude peut être alors de 100 mètres et plus (presqu'île au nord de Vạn-Giã).

La distinction entre les surfaces récentes, couvertes de sables jaunâtres souvent calcaires, et les anciennes plages à sable blanc et lessivé est particulièrement nette dans la région entre Quảng-Ngãi et le 17ème parallèle. Ces anciennes plages prennent une extension importante dans les provinces de Thừa-Thiên et Quảng-Trị.

Bien que les sols de ce paysage soient en majorité des régosols, on y trouve aussi de petites inclusions de sols alluviaux, souvent salins.

7 - Régosols sur ancien sable rouge

Cette unité est assez importante dans la zone côtière de Phan-Thiết-Phan-Rang. Les sables rouges sont les témoins d'un ou de plusieurs cordons littoraux anciens, situés à une altitude variant entre appr. 60 mètres et plus de 200 mètres. En général le paysage est ondulé avec des points culminants. Localement, on trouve des dunes fossiles, fixées par la même végétation arbustive qui couvre une bonne partie du reste de la région.

Le paysage est surtout occupé par des régosols sableux ; on y trouve également de petites surfaces de sols podzoliques rouges et jaunes, parfois squelettiques, situées sur les collines isolées qui se rencontrent à plusieurs endroits. En outre, on y trouve des petites surfaces de sols alluviaux.

8 - Régurs squelettiques et latosols généralement peu profonds sur basalte ; topographie variable

Cette unité forme un complexe de composition pédologique très compliquée ; elle s'étend sur des types de relief très variables.

Une grande partie de cette unité se trouve sur des coulées de lave, déposées dans une période relativement récente. C'est le cas de la majorité des terrains basaltiques de Phú-Yên ainsi que de certaines surfaces basaltiques du Darlac et de Long-Khánh. Dans d'autre cas, il s'agit de terrains basaltiques dont la couverture de terre rouge a disparu par suite de l'érosion. De tels terrains sont rencontrés, entre autres, à la limite nord du plateau des Trois Frontières (Quảng-Đức) et sur les escarpements du plateau basaltique de Pleiku (alentours de la dépression de Cheo-Reo). Enfin, cette unité s'étend également sur les pentes d'anciens volcans (province de Long-Khánh p. ex.).

Bien que cette unité soit formée, en bonne partie, par des régurs squelettiques et peu profonds, on y trouve également des latosols assez différenciés. Sur les basaltes récents, les latosols bruns et brun-rouge, plus ou moins squelettiques sont les plus fréquents. Localement, on observe de petites superficies de latosols brun-rouge plus profonds (Long-Khánh). Sur les niveaux d'érosion, on trouve des endroits couverts de latosols rouges ou de latosols rouges terreux, comme p.e. dans la province de Pleiku près du Col de Chu Tsé.

Par endroits, on rencontre des nappes de concrétions latéritiques, généralement à faible profondeur ou à la surface. Les sols noirs et bruns hydromorphes et les sols alluviaux forment des inclusions; la surface des sols alluviaux noirs est tellement importante dans la province de Phú-Yên, au nord de Tuy Hòa que leur présence est indiquée par un symbole spécial sur la carte.

9 - "Non calcic brown soils" sur roches acides; topographie ondulée à fortement ondulée (Fig. 4)

Cette unité est seulement cartographiée dans la région de Phan-Rang; elle occupe plusieurs superficies dans la large vallée du Sông-Kinh et de ses affluents. L'altitude moyenne du paysage varie d'environ 20 à 130m. Le paysage est formé d'une séquence de crêtes rocheuses très étroites et allongées; leur altitude est au maximum de quelques dizaines de mètres par rapport aux terrains avoisinants. Les dépressions laissées entre les crêtes sont colmatées par des matériaux d'origine complexe, composés de produits d'altération de ces roches cristallines, et d'alluvions anciennes. Leur texture est généralement sableuse à sablo-argileuse.

Outre les «non-calcic brown soils», on y trouve des sols plus lessivés (transition vers les sols podzoliques gris) et, sur les crêtes, des lithosols. Des petites inclusions de sols alluviaux s'observent également.

10 - "Non calcic brown soils" sur alluvions anciennes; topographie plate à ondulée

Cette unité est dominante dans les plaines côtières de Phan-Rang, Phan-Thiết et se trouve également dans la dépression de An-Khê, où le climat est également assez sec. Les plaines côtières se situent entre 10 et 80 mètres au-dessus du niveau de la mer. Quoique sur de vastes surfaces, la topographie de ce paysage est plus ou moins plate, on trouve également des parties plus incisées par l'érosion géologique des rivières et des ruisseaux.

Une grande partie de ce paysage est occupée par des «non-calcic brown soils» plus ou moins sableux, fréquemment pierreux, surtout à proximité des montagnes. Vers la mer, les sols deviennent plus limoneux et on rencontre même des sols composés d'argile ; aussi, dans la dépression de An-Khê, on trouve des sols sableux et des sols limoneux, appartenant au groupe des «non-calcic brown soils». Dans cette vallée, en outre, on rencontre des «clay pan soils» ; sols à horizon lessivé passant brusquement à un horizon d'argile compacte.

Des inclusions dans ce paysage de «non calcic brown soils» sont formées par des sols alluviaux et par des sols podzoliques rouges et jaunes, souvent squelettiques, qui se trouvent sur des petites collines cristallines, non indiquées sur la carte.

Dans la région de Phan-Rang, des sols rouges méditerranéens se rencontrent sur matériaux d'altération d'andésite.

11 - Sols podzoliques sableux sur roches acides ;
topographie plate à fortement ondulée

Deux régions importantes, occupées par cette unité, s'observent sur la carte. L'une se trouve en grande partie dans la province de Bình-Tuy, de part et d'autre de la route n° 1 de Saïgon à Phan-Thiêt. L'autre se situe dans les provinces de Darlac et de Pleiku, où elle occupe de vastes surfaces aux alentours de Ban-Don.

Le relief de ces régions est irrégulier ; on trouve des parties assez plates : plateaux plus ou moins incisés par l'érosion ; mais aussi des terrains occupés par de longues crêtes basses ou par un grand nombre de collines peu élevées de formes très irrégulières. Les roches sont surtout gréseuses (Indosinias) ; on y trouve aussi des roches cristallines, granites ou rhyolites, dont l'altération donne un matériel sableux. L'altitude de ces paysages est très variable mais ne dépasse guère 500 mètres.

Les sols de ce paysage sont en majorité des sols podzoliques rouges et jaunes, assez faiblement développés et, souvent de couleur brun jaune ou jaune. En outre, on rencontre d'importantes surfaces de sols podzoliques gris.

En inclusions peu importantes on trouve des latosols divers (petites plages de basalte non cartographiées), des sols alluviaux et, surtout des sols squelettiques ou lithosols. Ces derniers sont fréquents aux alentours de Ban-Don.

12 - Sols podzoliques rouges et jaunes sur roches acides ;
topographie plate à fortement ondulée (Fig. 5 , b)

La région type occupée par cette unité est le plateau de Dalat, avec sa topographie ondulée à fortement ondulée et sa prédominance de sols podzoliques rouges et jaunes bien développés, formés sur matériaux d'altération de granites, dacites, rhyolites et autres. Une autre région bien typique est celle des basses collines des provinces de Thừa-Thiên et de Quảng-Trị ; les sols podzoliques rouges et jaunes en général y sont peu profonds, parfois squelettiques, ils sont développés sur les grès rouges du Dévonien.

La topographie de cette unité est fort variable. Tantôt on trouve des plateaux incisés, comme celui de Dalat, tantôt des massifs bas comme à Hué. On a également cartographié cette unité dans les vallées plus ou moins larges de la Chaîne Annamitique. Le niveau de toutes ces régions varie entre quelques dizaines de mètres et plus de 1500 mètres pour le plateau de Dalat. Le relief y est fortement ondulé, localement accidenté. Ces dépressions y sont plus ou moins larges et les sols alluviaux forment des inclusions non négligeables. Outre les sols alluviaux, on rencontre de petites plages de latosols et de régurs sur basalte, des lithosols, des «low humic gley soils» en bas des pentes et, parfois des sols podzoliques gris qui se situent sur les alluvions anciennes.

13 - Sols podzoliques rouges et jaunes sur alluvions anciennes ;
topographie plate à ondulée (Fig. 7)

Cette unité s'étend dans deux régions principales : la première est formée par la large dépression de M'Drak, la deuxième est située dans les dépressions du Sésan-Dak Bla et de ses affluents, aux environs de Kontum. Outre ces deux régions, on rencontre assez régulièrement cette unité sur les anciennes terrasses des rivières du Centre Viet-Nam. Sur la terrasse du Mékong la seule extension notable de cette unité est située à l'Est de la route n° 1 de Saïgon à Biên-Hòa.

Le paysage occupé par cette unité est souvent assez ondulé, la terrasse étant plus ou moins fortement entamée par l'érosion géologique. On observe ainsi des différences de niveau importantes, dépassant souvent 80 mètres dans la dépression de M'Drak et, vers Dak-To, dans la vallée du Krong-Pôko. D'autre part, on rencontre également des parties relativement plates.

Les sols podzoliques rouges et jaunes, en général, sont limoneux ou sablo-limoneux avec des horizons d'accumulation nettement plus argileux ; on trouve cependant des sols sableux, au nord de Kontum, dans la vallée du Krong Pôko.

Des inclusions assez importantes sont formées par des sols alluviaux, dans les dépressions des cours d'eau. Les «low humic gley soils» et les sols gris podzoliques y ont une extension moins importante.

14 - Sols podzoliques gris sur alluvions anciennes ;
topographie plate à ondulée

La région type où s'étend cette unité est formée par la grande terrasse ancienne du système du Mékong qui occupe une grande partie du territoire du Viet-Nam au nord de Saïgon. Ensuite, on trouve des grandes surfaces de «terres grises» à l'ouest et à l'est des plateaux basaltiques de Pleiku et du Darlac. Des surfaces plus restreintes se rencontrent dans un grand nombre de vallées de rivières et sur les «deltas» d'alluvions anciennes, le long de la côte du Centre Viet-Nam.

En général, la topographie de toutes ces régions est assez calme, surtout dans la région au nord de Saïgon. A côté de grandes superficies presque plates, le relief ondulé de certaines parties du paysage est dû aux effets de l'érosion géologique, qui a abouti à la formation de vallées plus ou moins profondes.

Le niveau de cette unité se situe entre quelques mètres, et environ 500 mètres au dessus du niveau de la mer. La région au nord de Saïgon culmine vers la frontière cambodgienne et vers le Nord-Est (appr. 60 à 100m).

La région des sols podzoliques gris possède des inclusions importantes d'autres grands groupes de sols. Localement, surtout dans la province de Binh-Long, on trouve de petites superficies de sols basaltiques (latosols et régurs). Les sols rouges et jaunes podzoliques sont souvent associés aux sols gris podzoliques dans des sites à drainage libre et à matériel de départ un peu plus riche. Les sols alluviaux forment, un peu partout, des bandes étroites dans les vallées des ruisseaux. Les «low humic gley soils» et des sols hydromorphes associés sont rencontrés en petites plages de quelques ares à plusieurs ha., éparpillées parmi les sols podzoliques gris de la région au nord de Saïgon. Dans les autres régions de terres grises, on rencontre relativement moins ces sols hydromorphes. Certains des terrains cartographiés, comme sols podzoliques gris sont en réalité occupés par des transitions entre les sols podzoliques gris et les «non calcic brown soils»: ainsi, par exemple, la vallée du Sông-Ba dans la province de Phú-Yên. Une autre variante de cette unité est la zone entre la terrasse du Mékong et les différents massifs basaltiques, de Phước-Long, Phước-Thành et Long-Khánh. Cette zone de transition est en grande partie occupée par des sols latéritiques, elle est indiquée par un symbole spécial (L) sur la carte.

15- "Low humic gley-soils" sur alluvions anciennes ;
topographie plate

Cette unité occupe quelques superficies d'étendue appréciable sur la vaste terrasse du système du Mékong. Ailleurs, une seule autre plage a été cartographiée près de Phước-Lê, également sur une ancienne terrasse fluviale. Les «low humic gley soils» sont toujours situés à des endroits où la nappe phréatique se trouve près de la surface pendant une bonne partie de l'année. Ainsi, on les trouve soit dans de faibles dépressions, environnées par des sols podzoliques gris, soit dans la partie latérale de la plaine alluviale actuelle du Delta du Mékong. On trouve, dans le nord de la Plaine des Joncs un assez grand nombre de petits affleurements de l'ancienne terrasse, occupés par des «low humic gley soils».

Des inclusions mineures, dans cette unité cartographique, sont formées par des sols alluviaux et par des sols gris podzoliques.

16 - Sols podzoliques et régurs sur alluvions anciennes ;
topographie plate à ondulée (1)

Cette unité complexe se limite à la dépression de Cheo-Reo, qui est colmatée par des alluvions anciennes d'âge variable. (Pleistocène et Pliocène ?) Les parties argileuses de la terrasse, se trouvant en légère dépression, sont occupées surtout par des régurs. Les parties plus hautes du paysage ondulé sont occupées par une étroite association de sols gris podzoliques et des sols rouges et jaunes podzoliques. Les sols alluviaux forment des inclusions mineures, ils se situent nettement en dessous du niveau de la terrasse dans les dépressions des différentes vallées. L'altitude de la dépression est de 150 à 220 mètres ; elle est entièrement entourée par les hauts plateaux basaltiques et par les montagnes de la Chaîne Annamitique.

(1) Région étudiée par M. THAI-CÔNG-TỤNG, qui a bien voulu nous en communiquer certaines caractéristiques.

17 - Complexe de sols podzoliques sur alluvions anciennes et de sols alluviaux ; topographie plate à ondulée

Les sols podzoliques sont dominants ; des dépôts d'alluvions récentes colmatent un réseau irrégulier de dépressions allongées et de formes variables.

Ce complexe est rencontré dans plusieurs plaines côtières et ensuite dans certaines dépressions des hauts plateaux : dépression du Ea Krong Ana dans la province de Darlac et dépression du Da-Ninh et du Cam-Ly dans la province de Tuyên-Dúc. Ailleurs, on rencontre quelques petites surfaces de cette unité.

Les sols podzoliques sont assez variables. Sur les hauts plateaux ce sont principalement des sols podzoliques rouges et jaunes ; les sols podzoliques gris sont plus rares, les « low humic gley soils » apparaissent assez fréquemment. Dans les plaines côtières, ce sont en majorité des sols podzoliques gris, les sols podzoliques rouges et jaunes sont moins nombreux. Les « low humic gley soils » y sont peu importants mais, par contre, on trouve à Quảng-Ngãi des sols sur ancienne terrasse qui se rapprochent nettement des « non calcic brown soils ».

Le relief général de ces régions est ondulé ; le micro-relief est souvent bien développé. L'altitude varie : dans la zone côtière, cette unité se trouve entre quelques mètres et quelques dizaines de mètres. Au Darlac, le niveau est d'environ 450 mètres et au plateau de Fimnom on trouve cette unité entre 900 et 1050 mètres.

18 - Complexe de sols montagneux ; généralement de sols podzoliques rouges et jaunes et de sols squelettiques (Fig. 1, 5, 6, 7)

C'est l'unité la plus répandue du Viet-Nam ; elle occupe la plus grande partie des hautes régions du pays et apparait en plages plus ou moins isolées dans les régions des plateaux et les basses régions. L'unité comporte plusieurs types de paysages. Le paysage accidenté des régions montagneuses, dont les sommets se trouvent à plus de 2000m. sont les plus fréquents. En second lieu, le paysage des montagnes témoins (inselberge), petits massifs, crêtes ou collines, environnés par des régions moins accidentées ; plateaux basaltiques, plaines d'alluvions récentes ou anciennes. Enfin, le paysage des plateaux qui sont tellement incisés par l'érosion géologique qu'ils ne restent plus de parties plus ou moins plates. Le plateau érodé au sud de la route de Fimnom à Đôn-Dương, montrant une « pattern » de petites collines de 100 à 150m. d'altitude où les parties planes sont absents, est un exemple typique de ce genre de paysage.

Le caractère commun de tous ces terrains est la quasi-absence de terrains plats et la prédominance de fortes pentes, dépassant généralement les 10 à 15 degrés.

La composition géologique des terrains appartenant à cette unité est également très variable. Quoique les roches éruptives (granites, microgranites, rhyolites, dacites, porphyres) et les roches métamorphiques (gneiss, micaschistes, etc...) dominent largement, on rencontre également des terrains sédimentaires de différents âges, généralement schisto-gréseux. Les quelques terrains calcaires (Dévonien-Permien surtout) qui donnent des sols aberrants n'ont pas été indiqués séparément, non plus que les quelques coulées de basalte, de surface très restreinte, qu'on trouve par ci par là dans les montagnes.

Il est évident que les conditions pédologiques de ces régions varient fortement. Bien que le grand groupe de sol, de loin dominant, est formé par les sols podzoliques rouges et jaunes, on trouve de très grandes variations au sein du groupe même en relation avec la nature de la roche mère. Les sols sur granites et rhyolites sont souvent sableux à sablo-limoneux. Sur les granites, on trouve fréquemment une couverture assez dense de gros blocs granitiques, comme c'est le cas dans la zone côtière du Centre Viet-Nam. Les dacites, les micaschistes et les schistes sédimentaires donnent des matériaux plus argileux sur lesquels se développent des sols qui peuvent être transitoires vers d'autres grands groupes de sols (latosols, régurs « non calcic brown soils »). Les grès donnent fréquemment lieu à la formation de sols podzoliques jaunes, sableux et peu développés. Quand le matériel de départ est très sableux, le profil est souvent transitoire vers les sols gris podzoliques. On observe parfois dans ce paysage, de petites surfaces de latosols, soit sur basalte, soit sur des roches plus acides, dans les cas où le climat est particulièrement favorable à la formation de ce genre de sols. Des latosols sur matériaux granitiques sont rencontrés assez fréquemment sur les escarpements occidentaux du plateau basaltique de Bão-Lộc ; le climat tropical, chaud, humide et à pluviosité élevée y favorise la formation de ces sols. Une bonne partie des sols de cette unité est pierreuse et peu profonde ; de vrais lithosols sont cependant assez rares et se limitent le plus souvent à de petites superficies sur les pentes très raides.

En bas de la pente, sur les éboulis de pente, on observe des régosols pierreux ; le rajeunissement de la roche meuble par l'apport de nouveaux matériaux y empêche la formation de profils bien développés.

On trouve des nappes latéritiques éparpillées ; leur surface est cependant restreinte, car les conditions de formation de latérite sont rarement rencontrées dans les montagnes. Les nappes qu'on rencontre sont souvent des vestiges d'anciennes couches latéritiques, formées sur une pénéplaine ancienne avant la reprise de l'érosion géologique.

Les sols alluviaux, situés dans les vallées encaissées des ruisseaux et des rivières n'occupent qu'une surface restreinte ; le plus souvent les vallées ont une largeur variant entre quelques dizaines et quelques centaines de mètres.

La nature variable de la roche mère et, en conséquence, des sols, se reflète assez bien dans la densité des cultures itinérantes (rẫy). Les massifs granitiques et rhyolitiques ne montrent que très peu de traces de rẫy ; les cultures itinérantes sont plutôt groupées sur les dacites et les massifs schisto-gréseux. Une subdivision de cette unité devrait donc se baser en premier lieu sur la nature de la roche mère. Pour la carte générale des sols, nous n'avons cependant pas insisté sur cette subdivision, puisque du point de vue du développement de l'agriculture moderne, les régions montagneuses n'offrent que des possibilités très restreintes.

19 - Latosols brun-rouge sur basalte ; topographie plate
à fortement ondulée (Fig. 8, 9, 10)

Cette unité représente les bonnes « terres rouges » sur basalte. En grande majorité, les latosols brun-rouge apparaissent sur des plateaux d'origine volcanique. La topographie de ces plateaux est surtout déterminée par le degré d'érosion géologique qui est fonction de l'âge du basalte et de la position dans la topographie générale. Ainsi, le plateau de Xuân-Lộc, par exemple, n'est que peu accidenté, tandis que la partie sud du plateau de Phức-Long montre un relief nettement accusé, avec des vallées d'érosion profondes. Le relief des plateaux basaltiques est en général au moins ondulé ; des parties réellement plates sont rares. Près des vallées d'érosion, le relief est nettement plus accusé ; des pentes plus raides que 10° n'y sont pas rares.

Le niveau des plateaux varie largement. Les plateaux les plus bas se trouvent entre 50 mètres et 250 mètres environ ; près de Đa-Lạt on trouve cette unité à une altitude d'environ 1500 mètres.

En grande partie, l'unité est composée de latosols bruns rouges dont les qualités varient cependant assez largement. En effet, certains plateaux sont en prédominance occupés par des latosols brun-rouge à pH assez élevé (5,3 à 5,8) ; d'autres ont régulièrement un pH plus bas. On trouve aussi des plateaux mixtes, comme ceux de Lộc-Ninh et de An-Lộc, où les sols à pH élevé et bas se rencontrent côte à côte. Les meilleurs plateaux sont sans doute, ceux du DarLac, de Coty et de Lao-Bảo ; les sols à pH élevé y sont dominants. Dans les plateaux de terre rouge on trouve de nombreuses inclusions d'autres sols. Sur pentes raides surtout, on rencontre souvent des latosols squelettiques, des régurs et parfois même des sols rouges et jaunes podzoliques qui se sont formés sur des roches acides, dénudées par l'érosion (plateau de Phức-Long). Les transitions des plateaux vers d'autres paysages sont généralement occupées par des latosols bruns hydromorphes, des régurs et des sols à concrétions latéritiques. Sur certains plateaux (Gia-Kiệm, Xuân-Lộc par exemple) on trouve des dépôts de basalte récent (cratères, coulées de lave) sur lesquels des latosols squelettiques, et des régurs pierreux se sont développés.

Un peu partout, on rencontre des sols alluviaux, hydromorphes et souvent noirâtres ; ils ne sont pas seulement localisés dans les vallées, mais souvent aussi dans des petites dépressions de terrain plus ou moins fermées.

20 - Latosols rouges et jaunes sur basalte ; topographie ondulée
à fortement ondulée

Cette unité se limite à la partie nord du plateau basaltique du Darlac et la partie sud du plateau de Pleiku. Le relief est assez accusé, à cause de la présence de vallées profondément encaissées. La région se trouve approximativement entre 600 et 800 m. d'altitude. Les latosols rouges y prédominent ; ce sont des transitions entre les latosols brun-rouge et les latosols rouges terreux du plateau de Pleiku. On rencontre ainsi dans cette région, des sols qui ressemblent tantôt à l'un tantôt à l'autre de ces grands groupes de sols.

Les inclusions sont surtout formées par des latosols squelettiques et des régurs (sur pentes raides) et par des sols alluviaux (dans les vallées).

**21 - Latosols rouges terreux sur basalte ; topographie ondulée
à fortement ondulée (Fig. 7, 11)**

Cette unité occupe la plus grande partie du plateau basaltique de Pleiku-Kontum. Elle se situe approximativement entre 550 et 850 m. les points culminants se trouvant juste au sud de Pleiku.

A cause de l'érosion de cette surface ancienne, la topographie est fortement ondulée. Les superficies peu entamées par l'érosion ont un relief ondulé. Les vallées sont souvent assez larges et montrent une forme en U. De multiples anciens volcans forment des collines plus ou moins élevées dans le paysage. En général, le plateau est limité d'une façon précise par des massifs montagneux. La transition vers la dépression de Cheo-Reo est également très rapide et marquée par des escarpements.

Outre les latosols rouges terreux, on trouve des latosols qui ont des caractères communs avec les latosols rouges ou même les latosols brun rouge. Ces formes de transition se rencontrent surtout sur des pentes à relief rajeuni. Dans les dépressions, on rencontre, outre des sols alluviaux, des bandes étroites de latosols bruns hydromorphes parfois latéritiques. Les versants des vallées, en bordure du plateau, sont souvent couverts de sols podzoliques rouges et jaunes sur roches acides.

De petites taches de latosols squelettiques et de régurs (souvent colluvionnés) se rencontrent sur les volcans et sur quelques coulées basaltiques plus ou moins récentes.

22 - Latosols squelettiques sur basalte ; topographie plate à ondulée

Cette unité a été cartographiée dans la zone entre la Lagna et le Đông-Nai (province de Bình-Tuy) C'est une région relativement basse (50 à 150 m) composée de basaltes récents. Le relief est ondulé, avec des formes de relief très irrégulières : petites crêtes, dépressions fermées qui accentuent encore la jeunesse du paysage.

Les latosols squelettiques dominent ; ce sont des sols généralement moins profonds que 50 cm et fort pierreux (basaltes vacuolaires). Ces sols squelettiques sont le plus souvent, de couleurs brun rouge ; les latosols bruns squelettiques et les régurs sont moins fréquents. Des sols alluviaux, généralement très argileux et très hydromorphes, se rencontrent dans les dépressions.

**23 - Latosols brun-rouge et latosols rouges sur basalte ;
topographie fortement ondulée**

L'association prend une grande extension sur le Plateau des Trois Frontières. On la rencontre également sur les petits plateaux, reste d'une érosion géologique importante, qui se situent au sud du Đông-Nai dans la province de Lâm-Đông. Finalement on trouve cette unité sur le plateau basaltique de Kon-Plong (Province de Kontum).

Ce sont des plateaux basaltiques, situés à une altitude relativement élevée (800 à 1100 m) et dont le relief a été fortement incisé par l'érosion géologique. Aussi, la surface des replats est restreinte; il ne reste que des crêtes plus ou moins tabulaires, environnées par les vallées profondes et encaissées. Ce relief d'érosion est très typique dans la zone nord du Plateau des Trois Frontières, vers la frontière du Cambodge. Vers le sud, les vallées deviennent moins profondes, la dépression du Đồng-Nai étant toutefois une exception.

Sur les sommets et les replats, on trouve des latosols rouges, parfois même des latosols jaunes (plateau GI à Kon-Plong). Des nappes de concrétions latéritiques sont très fréquentes. L'érosion géologique a fait affleurer ces nappes sur des superficies assez importantes. Ces nappes laissent supposer que le relief antérieur était celui de vastes plateaux faiblement ondulés, et qu'une nappe phréatique temporaire y existait à faible profondeur.

Sur les pentes et dans les vallées, les latosols brun-rouge dominant; ces sols se sont formés sur des matériaux rajeunis par l'érosion. Ces matériaux se composent, en effet, d'un mélange de produits d'érosion provenant des sols de plateaux et de produits d'altération des basaltes, exposés par l'érosion.

Parmi les sols de pente, on observe des sols squelettiques et pierreux, ainsi que des latosols brun-rouge, contenant une certaine quantité de concrétions latéritiques, provenant des anciennes nappes de plateau. Sur certaines pentes, on rencontre également des sols podzoliques jaunes et rouges peu profonds et pierreux, aux endroits où les roches acides, se trouvant en-dessous de la couverture basaltique, sont exposées par l'érosion.

Les sols alluviaux occupent seulement des surfaces très restreintes dans les vallées qui ont généralement une forme en V.

24 - Latosols brun-rouge et latosols bruns compacts sur basalte; topographie plate à fortement ondulée.

Cette unité se rencontre seulement sur le plateau basaltique de Bão-Lộc. Il s'agit également d'un vieux plateau basaltique, assez fortement entamé par l'érosion et dont les parties hautes se situent à 700-800 mètres d'altitude. Les parties plates à ondulées qui constituent des vestiges du plateau originel ont encore une étendue appréciable; en effet, elles prennent une forte extension dans la zone située à l'entour et au nord de Bão-Lộc. Les parties entamées par l'érosion montrent un relief plus accusé; il est à remarquer, cependant, que les fonds de vallées sont souvent assez larges et partiellement comblés d'alluvions. Sur les vestiges de l'ancien plateau, les latosols bruns compacts dominant. Des nappes de concrétions latéritiques sont rencontrées à une profondeur de quelques mètres; ces nappes sont rarement exposées par l'érosion. Sur les pentes on trouve en général des latosols brun-rouge, composés en partie, par des matériaux très compacts et argileux provenant de l'érosion des sols du plateau. On y trouve également des latosols squelettiques et des latosols rouges (Col de Blao) ainsi que quelques petites superficies de sols podzoliques rouges et jaunes qui se sont développés sur roches acides.

Les sols alluviaux forment un élément relativement important du paysage.

25 - Sols tourbeux

Les sols tourbeux occupent de grandes surfaces dans la région de U-Minh (provinces de An-Xuyên et Kiên-Giang). Les sols tourbeux, en général se trouvent à quelques mètres au-dessus du niveau de la mer. On distingue une zone centrale des tourbes hautes (tourbes généralement oligotrophes) et des zones de bordure qui sont plus basses et, en grande partie, occupées par la culture (tourbes eutrophes, mais souvent acides). A cause de l'inaccessibilité de la région, on connaît mal la composition pédologique des sols tourbeux.

IV. — L'AGRICULTURE ET LE POTENTIEL AGRICOLE DES UNITÉS DE LA CARTE DES SOLS.

Nous nous contenterons de donner, sous forme d'une table, quelques remarques générales sur les caractéristiques agricoles des associations pédologiques distinguées sur la carte générale des sols.


TABLEAU : UTILISATION ET POTENTIEL AGRICOLE DE ASSOCIATIONS PÉDOLOGIQUES

N°	Définition abrégée de l'unité	UTILISATION ACTUELLE			Potentiel agricole et remarques.
		Inculte	Cultures principales	Autres cultures	
1	Sols alluviaux	seules les plaines de l'intérieur.	riz, production entre 1.5 et 6T. paddy/ha.	canne à sucre, cocotier, diverses, total; moins de 10 %	— Production susceptible d'une augmentation importante si irrigation et utilisation d'engrais chimiques.
2	Sols alluviaux salins.	la plus grande partie sous palétuviers.	—	—	— La partie sans acidité potentielle peut être mise en culture si établissement de polders endigués.
3	Sols alluviaux acides.	20 à 30 %	riz, production entre 0.8 et 1.8T paddy/ha.	Canne à sucre ananas.	— A améliorer par l'épandage de calcaire moulu et d'engrais; forte augmentation de la production et diversification alors possible.
4	Sols alluviaux très acides.	plus de 80 %	riz, production très basse.	ananas	— Amélioration généralement non économique; de très fortes doses de calcaire moulu seront nécessaires.
5	Sols alluviaux bruns.	très peu	cultures diverses	riz	?
6	Régosols sur sable jaune.	plus de 80 %	cultures diverses	riz	— Potentiel agricole bas; aucune extension importante des cultures à prévoir. Localement le cocotier est à introduire.
7	Régosols sur sable rouge.	en grande partie	cultures diverses, manioc, arachides etc. . .		— Potentiel agricole bas; peu d'extension possible. Amélioration des cultures existantes par l'arrosage et l'utilisation d'engrais et de fumures organiques.

8	Régurs et Latosols.	en grande partie (peu de rây)	cultures diverses (maïs, riz sec, manioc) fruits (bananes)	accidentellement hévée, café.	— Possibilité de l'extension des cultures, surtout les cultures arbustives, y inclus l'hévée. Terres riches mais culture difficile à cause de la pierrosité.
9	«Non calcic brown soils» sur roches acides.	plus de 90%	—	—	— Potentiel agricole bas; trop sableux et trop pierreux.
10	«Non calcic brown soils» sur alluvions anciennes.	en grande partie (assez de rây)	Cultures vivrières, tabac, coton etc...	riz	— Augmentation des productions, extension et diversification des cultures possibles si irrigation. Engrais, fumure et engrais vert nécessaires, surtout pour les sols sableux.
11	Sols podzoliques sableux.	plus de 95% (peu de rây)	—	—	— Potentiel agricole bas; trop sableux, trop sec et souvent trop pierreux.
12	Sols podzoliques rouges et jaunes sur roches acides.	en grande partie (assez de rây)	Légumes (Dalat) cul- tures vivrières diverses (Huế)	Cannelle (Centre) Thé.	Extension des cultures intensives (du type de l'horticulture de Dalat) possible si mesures de conservation des sols et utilisation d'engrais, engrais verts et fumures organiques. Terres très susceptibles à l'érosion; fertilité inhérente basse.
13	Sols podzoliques rouges et jaunes sur alluvions anciennes.	plus de 90% (beaucoup de rây)	Cultures vivrières et kenaf (Kontum)	—	— Extension des cultures possible sur parties plates; exigent beaucoup d'engrais verts et chimiques et fumures; irrigation à conseiller, surtout sur terres sableuses.
14	Sols podzoliques gris.	en grande partie (assez de rây)	Hévée (sud Viêt-nam) cultures vivrières, sur- tout manioc, arachi- des, etc...	—	— Région d'extension d'hévéaculture. Extension d'autres cultures, (surtout cultures vivrières et arbres fruitiers) possible si méthodes culturales intensives, utilisation de fumure et d'engrais et, souvent irrigation. Fertilité inhérente basse.

15	Low humic gley soils.	20% environ	riz, production vers 2t paddy ha avec engrais.	légumes, arbres fruitiers tabac	— La partie inculte de cette unité pourrait être mise en valeur. Extension des cultures secondaires possible si amélioration de l'irrigation en saison sèche.
16	Sols podzoliques et régurs.	en grande partie, sauf les régurs. (assez de rây)	riz sur régurs, Mais.	—	—Faible potentiel agricole des sols podzoliques ; intensification et diversification des cultures possible sur régurs.
17	Sols podzoliques et sols alluviaux.	plus de 50% des sols podzoliques	riz sur sols alluviaux. Cultures diverses, vivrières horticoles etc, sur sols podzoliques.	—	— Augmentation des productions par l'utilisation des engrais, surtout sur sols podzoliques. Dans les hauts plateaux ces terrains peuvent être mis en culture plus intensivement (fermes mixtes).
18	Sols montagneux	plus de 95% (rây intensif seulement par endroits.)	—	Plantation de thé «Arbre Broyé»	— Faible potentiel agricole à cause de la topographie accidentée et de la prédominance de sols pauvres et squelettiques. Réservé forestière par excellence.
19	Latosols brun-rouge.	Plus de 60% (rây très dense en général)	Hévéa ; cultures vivrières, arbres fruitiers.	café	— Unité par excellence pour l'extension des grandes cultures (hévéa, café) et des cultures industrielles (fibres, tabac). Possibilité remarquable d'extension des cultures vivrières (maïs, manioc, patates, etc) légumes et culture des arbres fruitiers. Quoique le potentiel agricole soit élevé, des engrais (verts et chimiques) seront indispensables ; l'augmentation de la surface irriguée est à conseiller.
20	Latosols rouges	en grande partie (rây assez dense)	—	—	— Potentiel agricole moyen. — Convient à l'établissement des cultures industrielles si utilisation d'engrais (verts et chimiques). Conservation des sols et des eaux nécessaires ; irrigation désirable.

21	Latosols rouges terreux	en grande partie (rây peu dense)	—	Thé (Pleiku)	<ul style="list-style-type: none"> — Potentiel agricole moyen. — Convient à l'établissement des cultures industrielles si utilisation de fortes doses d'engrais verts et chimiques. Conservation des sols et des eaux primordiales. Irrigation désirable.
22	Latosols squelettiques.	plus de 95% (très peu de rây)	—	—	<ul style="list-style-type: none"> — Potentiel agricole médiocre à cause de la faible profondeur et la pierrosité des sols. — Possibilités limitées pour cultures arbustives et pour arbres fruitiers (bananiers). — Réserves forestières par excellence.
23	Latosols brun-rouge et latosols rouges.	en grande partie (assez peu de rây sur sols de pente)	—	plantations thé, café, abrasin.	<ul style="list-style-type: none"> — Potentiel agricole médiocre. La mise en culture des latosols brun-rouge des pentes est possible si mesures de conservation des sols. Cultures intensives à conseiller. L'utilisation d'engrais serait aléatoire.
24	Latosols brun-rouge et latosols bruns compacts	plus de 40% (rây assez dense)	thé	café, cultures vivrières.	<ul style="list-style-type: none"> — Potentiel agricole moyen à bon. Extension de la culture du thé et du café, possibilité d'introduction d'autres cultures tropicales, d'arbres fruitiers et de cultures vivrières et industrielles. — Conservation des sols aléatoires sur pentes.
25	Sols tourbeux.	en grande partie	riz	légumes et fruits	<ul style="list-style-type: none"> — Potentiel agricole largement inconnu. Les sols tourbeux donneraient de très bonnes terres horticoles possible si utilisation d'engrais (y inclus les oligo-éléments: cuivre et molybdène) et du réglage de la nappe phréatique à un niveau situé près de la surface.



PRINTED IN VIET NAM
BY THE
NATIONAL GEOGRAPHIC SERVICE