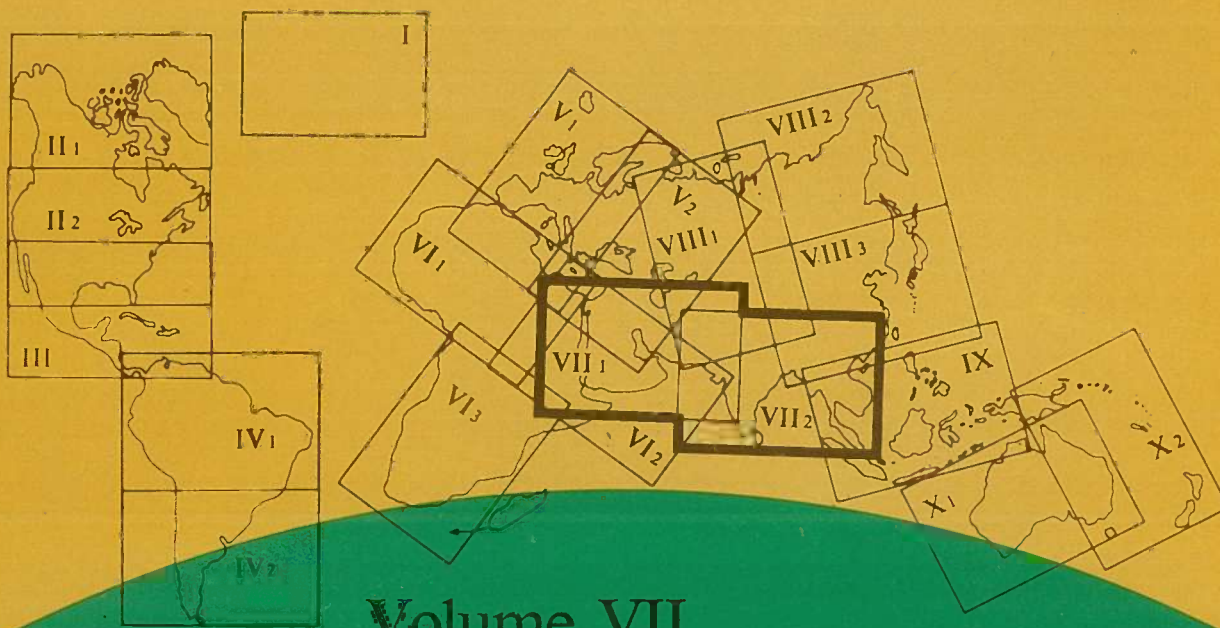


FAO-Unesco

# Carte mondiale des sols

1:5 000 000



Volume VII  
Asie du Sud

Unesco



FAO-Unesco  
Carte mondiale des sols  
1 : 5 000 000  
Volume VII  
Asie du Sud

FAO-Unesco

Carte mondiale des sols

Volume I	Légende
Volume II	Amérique du Nord
Volume III	Mexique et Amérique centrale
Volume IV	Amérique du Sud
Volume V	Europe
Volume VI	Afrique
Volume VII	Asie du Sud
Volume VIII	Asie du Nord et du Centre
Volume IX	Asie du Sud-Est
Volume X	Australasie



ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE

ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ÉDUCATION, LA SCIENCE ET LA CULTURE

FAO - Unesco

# Carte mondiale des sols

1 : 5 000 000

Volume VII  
Asie du Sud

Préparé par l'Organisation des Nations Unies  
pour l'alimentation et l'agriculture

Unesco - Paris 1979

*Les appellations employées dans cette publication et la présentation des données qui y figurent n'impliquent, de la part de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture ou de l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture, aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones, ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites.*

---

Imprimé par Tipolitografia F. Failli, Rome  
pour l'Organisation des Nations Unies  
pour l'alimentation et l'agriculture  
et l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation,  
la science et la culture

Publié en 1979 par l'Organisation des Nations Unies  
pour l'éducation, la science et la culture  
Place de Fontenoy, 75700 Paris

---

## PRÉFACE

Le projet conjoint FAO-Unesco de la Carte mondiale des sols a été entrepris à la suite d'une recommandation de l'Association internationale de la science du sol. C'est la première fois que l'on dresse, en faisant appel à la coopération internationale, une carte des sols de tous les continents avec une légende uniforme permettant de mettre en corrélation les unités pédologiques et de faire des comparaisons à l'échelle mondiale. La réalisation de ce projet, qui a débuté en 1961, comble une lacune dans la connaissance actuelle des ressources en sols du monde et fournit un précieux instrument pour la planification du développement agricole et économique.

Le projet a été réalisé sous l'autorité scientifique d'un comité consultatif international, dans le cadre des programmes de la FAO et de l'Unesco. Il s'est effectué en différentes étapes : études comparatives de cartes des sols, travaux sur le terrain et en laboratoire, organisation de réunions internationales d'experts et de voyages d'étude. Le secrétariat du projet conjoint, installé au siège de la FAO, a été

chargé de compiler la documentation technique, de confronter les études et d'établir les cartes et le texte. La FAO et l'Unesco se sont partagé les frais d'exécution du projet et l'Unesco s'est chargée d'en publier les résultats. Pour aider à la préparation de la carte des sols de l'Asie du Sud, le gouvernement des Pays-Bas a prêté les services d'un expert associé.

Le présent volume sur les sols de l'Asie du Sud est le septième d'une série de dix qui constitueront la publication complète de la Carte mondiale des sols. Le premier volume présente le sujet et donne les définitions des unités de la légende qui sont utilisées dans toutes les publications. Chacun des neuf volumes suivants comprend un texte explicatif et les cartes relatives aux différentes régions du monde.

La FAO et l'Unesco désirent exprimer leur gratitude aux institutions gouvernementales, à l'Association internationale de la science du sol et aux nombreux pédologues qui, à titre individuel, ont apporté un concours précieux à cette œuvre internationale.

# TABLE DES MATIÈRES

<b>Préface</b> .....	v	<b>6. Utilisation et vocation des sols</b> .....	59
<b>Résumés</b> .....	VII	A. Acrisols .....	61
Français .....	VII	B. Cambisols .....	62
Anglais .....	IX	D. Podzoluvisols .....	64
Espagnol .....	XI	E. Rendzines .....	64
Russe .....	XIII	F. Ferralsols .....	64
<b>1. Introduction</b> .....	1	G. Gleysols .....	64
<b>2. Remerciements</b> .....	4	H. Phaeozems .....	65
<b>3. La carte</b> .....	6	I. Lithosols .....	65
Fond topographique .....	6	J. Fluvisols .....	66
Unités cartographiques .....	6	K. Kastanozems .....	68
Représentation cartographique .....	6	L. Luvisols .....	68
Sources d'information .....	8	N. Nitosols .....	69
Bibliographie .....	12	O. Histosols .....	70
<b>4. Le milieu</b> .....	13	P. Podzols .....	70
CLIMAT .....	13	Q. Arénosols .....	70
Facteurs climatiques .....	13	R. Régosols .....	70
Régions climatiques .....	18	S. Solonetz .....	71
VÉGÉTATION .....	18	T. Andosols .....	72
Les grands types de végétation .....	18	U. Rankers .....	72
GÉOMORPHOLOGIE .....	24	V. Vertisols .....	72
GÉOLOGIE ET LITHOLOGIE .....	26	W. Planosols .....	72
Evolution géologique .....	26	X. Xérosols .....	73
Régions géologiques .....	27	Y. Yermosols .....	73
Bibliographie .....	35	Z. Solonchaks .....	74
<b>5. Les sols de l'Asie du Sud</b> .....	37	Conclusions .....	75
Répartition des principaux sols .....	37	Bibliographie .....	76
Bibliographie .....	44	<b>Annexe</b>	
		Propriétés morphologiques, chimiques et physiques des sols de l'Asie du Sud: données provenant de profils sélectionnés .....	77
		Bibliographie .....	79
		<b>Cartes (à la fin du volume)</b>	
		1. Régions climatiques	
		2. Types de végétation	
		3. Régions géomorphologiques	
		4. Régions géologiques	
		5. Régions lithologiques	
		6. Grandes régions pédologiques	



Le présent volume décrit la partie relative à l'Asie du Sud de la Carte mondiale des sols au 1 : 5 000 000.

### Les cartes

Les deux feuilles qui constituent la carte des sols de l'Asie du Sud ont été établies d'après les fonds topographiques au 1 : 5 000 000 de l'American Geographical Society. Les unités cartographiques sont constituées d'associations de sols divisées en classes de texture et de pente. Elles sont indiquées sur la carte par des signes conventionnels — symboles, lettres et chiffres. Les sols dominants sont représentés par des couleurs et les phases apparaissent en surcharge.

Une carte à petite échelle figurant en carton sur la carte principale indique les trois degrés de fiabilité des données pédologiques utilisées pour l'établissement de la carte.

On trouvera dans le volume I de cette série les définitions détaillées des unités pédologiques et des termes employés.

### Le texte

Le chapitre 1 fait l'historique du projet pour l'Asie du Sud et donne quelques informations sur l'utilisation des cartes. Dans le chapitre 2, les auteurs remercient les organismes participants et tous ceux qui ont contribué à l'établissement des cartes et du texte. Le chapitre 3 donne un résumé du contenu du volume I en ce qui concerne les unités cartographiques, la légende et les sources d'information.

Les chapitres suivants traitent du milieu, de la répartition des sols et de leur utilisation.

### LE MILIEU

Le chapitre 4 rend compte brièvement des quatre facteurs du milieu dont dépend la répartition des sols: climat, végétation, géomorphologie, géologie et lithologie.

Le *climat* est traité sur la base de huit grandes régions climatiques. Etant donné que les critères utilisés pour délimiter les unités pédologiques sont ceux qui présentent de l'importance pour la croissance des plantes, la carte des climats complète la carte des sols pour le transfert des renseignements sur les cultures, d'une partie du monde à l'autre. On n'a examiné ici que les grandes catégories. Les principales régions climatiques sont représentées sur une carte à petite échelle (figure 1).

La *végétation* est examinée sur la base de 14 grandes régions végétales, qui sont subdivisées en 34 sous-régions et classées en fonction de l'habitat (climatique ou édaphique), de la physionomie et de la structure de la végétation. La répartition des régions végétales est représentée sur une carte à petite échelle (figure 2). On trouvera dans le texte de brèves indications sur chaque région et sur la localisation et la nature de ses sous-régions.

La *géomorphologie* et le développement du paysage sont ensuite traités dans le cadre de trois grands groupes de régions morphostructurelles: le bouclier indien et la plaine indo-gangétique, le bouclier arabe et la zone médiane associée, et le géosynclinal de la Téthys. Une carte à petite échelle montre les sous-régions géomorphologiques (figure 3).

La *géologie* est examinée dans le cadre des trois régions susmentionnées et la *lithologie* dans le cadre de dix régions. Deux cartes à petite échelle sont incluses (figures 4 et 5), l'une pour les régions géologiques, qui sont traitées par région dans le texte, et l'autre pour les régions lithologiques. Le texte donne des indications sur les origines géologiques et la nature des principales formations affleurant actuellement en surface.

### LES SOLS ET LEURS UTILISATIONS

Les chapitres 5 et 6, dans lesquels sont décrits les sols du sous-continent sud-asiatique, contiennent un tableau détaillé des associations de sols, un exposé sur la répartition des principaux sols, et une étude de leur utilisation et de leur vocation agricoles.

Le tableau des *associations de sols* énumère toutes les unités cartographiques dans l'ordre alphabétique des symboles. Les autres colonnes sont consacrées aux rubriques suivantes:

Sols associés

Inclusions

Phases

Superficie des unités en milliers d'hectares

Symboles climatiques

Localisation par pays

La *répartition des principaux sols* est étudiée sur la base de 19 grandes régions pédologiques, représentées sur une carte à petite échelle (figure 6). Les principaux sols de chacune de ces régions sont examinés en fonction des facteurs du milieu.

L'*utilisation actuelle des terres et leur vocation agricole* sont d'abord examinées d'un point de vue général; les principaux types de sols sont ensuite étudiés séparément; il est donné une description de leur utilisation actuelle, ainsi que des indications sur leur vocation agricole.

Les terres cultivées sont le plus souvent constituées de petites parcelles traitées selon des méthodes traditionnelles, et les rendements ne dépassent guère

ceux d'une économie de subsistance. Il est donc possible d'augmenter sensiblement la production agricole en tirant un meilleur parti des sols.

## CONCLUSIONS

Des indications générales sur la répartition des principales unités pédologiques et l'utilisation de leurs terres sont données à la fin du chapitre 6. Les sols arides à pâturages grossiers et sols montagneux peu profonds couvrent environ 60 pour cent de la surface de l'Asie du Sud. Les sols jugés aptes à l'agriculture, dans les zones où la topographie n'est pas un facteur limitatif, occupent environ 40 pour cent de cette surface.

## Annexe

On trouvera dans l'annexe des données sur les sites et les profils, ainsi que des descriptions et analyses de profils de certaines des principales unités pédologiques. Pour plus de facilité, la liste des profils pédologiques est donnée dans l'ordre alphabétique des symboles.

## SUMMARY

This volume describes the South Asian section of the 1 : 5 000 000 Soil Map of the World.

### The maps

The two map sheets which make up the Soil Map of South Asia are drawn on topographic base maps of the 1 : 5 000 000 series of the American Geographical Society. The map units are associations of soil units divided into texture and slope classes. They are marked on the maps by symbols. The dominant soils are shown by colours while phase differences are shown by overprints.

A small inset map shows three grades of reliability of the soil information from which the map was compiled.

Detailed definitions of the soil units and full descriptions of all the terms used may be found in Volume I of the set.

### The text

The first chapter describes the development of the project in South Asia and gives some notes on uses of the map. The second acknowledges the cooperation of the agencies and the many persons who contributed to the maps and text, and the third gives a summary of the material in Volume I on the map units, legend and sources of information.

The main chapters of this volume deal with environmental conditions, soil distribution and land use.

### ENVIRONMENTAL CONDITIONS

Chapter 4 contains brief accounts of the four environmental factors which influence the development and use of soils: climate, vegetation, geomorphology and geology and lithology.

*Climate* is discussed on the basis of eight broad climatic regions. Since the criteria used in delimiting units are those that are important to crop growth, the climatic map is supplementary to the soil map in the transfer of crop information from one part

of the world to another. Here only the higher categories are discussed. The main climatic regions are outlined on a small-scale map (Figure 1).

*Vegetation* is discussed on the basis of 14 broad vegetation regions which are subdivided into 34 subregions and distinguished according to habitat (either climatic or edaphic) and the physiognomy and structure of the vegetation. The distribution of the vegetation regions is outlined on a small-scale map (Figure 2). The text gives some brief notes on each region and on the location and nature of its subregions.

*Geomorphology* and landscape development are then treated in terms of three main groups of morpho-structural regions: the Indian shield and the Indo-Gangetic plain, the Arabian shield and the associated Median zone, and the Tethys geosyncline. A small-scale map (Figure 3) shows the geomorphological subregions.

*Geology* is considered under the three regions mentioned above, and *lithology* under 10 regions. There are two small-scale maps (Figures 4 and 5), one of geological regions, which are considered region by region in the text, and the other of lithological regions. The text outlines the geological origins and nature of the main surfaces at present exposed.

### SOILS AND LAND USE

Chapters 5 and 6, describing the soils of the sub-continent, contain an extensive table of soil associations, an account of the distribution of the main soils, and a discussion of land use and soil suitabilities for agriculture.

The table of *soil associations* lists all the map units in alphabetical order of symbols. Other columns show:

- Associated soils
- Inclusions
- Phases
- Areas of units in 1 000 hectares
- Climate symbols
- Countries of occurrence

The *distribution of major soils* is discussed on the basis of 19 broad soil regions, which are outlined on a small-scale map (Figure 6). The main soils of each region are discussed in relation to factors of the environment.

*Present land use and suitabilities for agriculture* are discussed at first in general. Then the main soils are considered separately, their present use being described and the suitability of the land outlined.

The cultivated land is managed generally in small units by traditional methods, yielding only slightly over subsistence. Substantial increases in agricultural production are therefore possible by making better use of soils.

## CONCLUSIONS

A general outline of the distribution of main soil units and their land use is given at the end of Chapter 6. Arid soils with rough grazing and shallow mountain soils cover about 60% of South Asia. Soils considered as suitable for agriculture where topography is not a limiting factor cover some 40% of the area.

## The Appendix

Site and profile data, including profile descriptions and analyses, are given in the Appendix for some of the main soil units. For easier reference, the soil profiles are listed in alphabetical order of symbols.

En este volumen se describe la sección de Asia meridional del Mapa Mundial de Suelos a escala 1 : 5 000 000.

### Los mapas

Las dos hojas con mapas que comprenden el mapa de suelos de Asia meridional se han trazado sobre la base de los mapas topográficos de la serie a escala 1 : 5 000 000 de la American Geographical Society. Las unidades del mapa son asociaciones de unidades de suelos divididas en clases texturales y de inclinación. Se indican en el mapa por medio de símbolos. Los suelos dominantes se muestran por colores, mientras que las diferentes fases se indican con sobreimpresiones.

Un pequeño mapa intercalado en un recuadro indica tres grados de fiabilidad de la información sobre suelos que sirvió de base para la compilación del mapa.

En el Volumen I de la serie pueden encontrarse definiciones detalladas de las unidades de suelos y descripciones completas de todos los términos utilizados.

### El texto

En el primer capítulo se describe el desarrollo del proyecto en Asia meridional y se dan unas notas sobre los usos posibles del mapa. En el segundo se da cuenta de la cooperación de organismos y las muchas personas que han colaborado en los mapas y en el texto, y en el tercero se presenta un resumen del material contenido en el Volumen I sobre las unidades cartográficas, la leyenda y las fuentes de información.

Los principales capítulos de este volumen tratan de las condiciones ambientales, distribución de los suelos y aptitud de las tierras.

### CONDICIONES DEL MEDIO

El Capítulo 4 contiene breves reseñas de los cuatro factores del medio que influyen sobre el desarrollo

y utilización de los suelos: clima, vegetación, geomorfología y geología y litología.

El *clima* se estudia sobre la base de ocho amplias regiones climáticas. Dado que los criterios adoptados para delimitar las unidades son aquellos que interesan al crecimiento de las plantas, el mapa climático sirve así de complemento al mapa de suelos para la transferencia de información sobre cultivos de una parte del mundo a otra. Aquí se examinan únicamente las categorías superiores. Las principales regiones climáticas se bosquejan en un mapa a pequeña escala (Figura 1).

La *vegetación* se estudia sobre la base de 14 amplias regiones de vegetación subdivididas en 34 subregiones y diferenciadas según el hábitat (ya sea climático o edáfico) y la fisionomía y estructura de la vegetación. La distribución de las regiones de vegetación se bosqueja en un mapa a pequeña escala (Figura 2). El texto contiene algunas breves notas sobre cada región y sobre la ubicación y naturaleza de las subregiones.

La *geomorfología* y el desarrollo del paisaje se tratan en función de tres grupos principales de regiones morfoestructurales: la plataforma india y la planicie del Indo-Ganges, la plataforma árabe con la zona mediana asociada y la zona del Tetis. Un mapa a pequeña escala muestra las subregiones geomorfológicas (Figura 3).

La *geología* se estudia para las tres regiones mencionadas anteriormente, y la *litología* para diez. Existen dos mapas a pequeña escala (Figuras 4 y 5), uno de regiones geológicas, que se examinan región por región en el texto, y el otro de regiones litológicas. El texto esboza los orígenes geológicos y la naturaleza de las principales superficies expuestas al presente.

### LOS SUELOS Y EL USO DE LA TIERRA

Los Capítulos 5 y 6, que describen los suelos del subcontinente, contienen un extenso cuadro de las asociaciones, una reseña de la distribución de los suelos principales y un estudio sobre el uso de la tierra y la aptitud de los suelos para la agricultura.

En el cuadro de *asociaciones de suelos* se enumeran todas las unidades del mapa por orden alfabético de los símbolos. En otras columnas se presentan: suelos asociados, inclusiones, fases, superficie de las unidades en miles de ha, símbolos climáticos, países en que se presentan.

La *distribución de los suelos principales* se examina sobre la base de 16 grandes regiones de suelos que se delinean en un mapa a pequeña escala (Figura 6). Los suelos principales de cada región se estudian en relación con los factores del ambiente.

El *uso actual de la tierra y su aptitud para la agricultura* se examinan en primer lugar en líneas generales. Después se estudian los suelos principales por separado describiéndose su utilización actual y bosquejándose la aptitud de las tierras.

Las tierras cultivadas se explotan generalmente en pequeñas unidades mediante métodos tradicionales y dan rendimientos sólo ligeramente superiores a los de subsistencia. Por consiguiente, son posibles incrementos notables en la producción agrícola haciendo un mejor uso de los suelos.

## CONCLUSIONES

Al final del Capítulo 6 se da un bosquejo general de la distribución de las unidades de suelos principales y de la utilización de las tierras. Los suelos áridos con pastos groseros y los suelos montañosos someros cubren alrededor del 60 por ciento de Asia meridional. Los suelos considerados como aptos para la agricultura cuando la topografía no constituye un factor limitador abarcan el 40 por ciento restante.

## Apéndice

En el Apéndice se dan datos sobre emplazamiento y perfiles, incluso descripciones y análisis de perfiles para algunas de las principales unidades de suelos. Para facilitar la consulta los perfiles de suelos se enumeran en el orden alfabético de los símbolos.

В этом томе описывается южноазиатский участок почвенной карты мира в масштабе 1:5 000 000.

### Карты

Почвенная карта Южной Азии, состоящая из двух листов, составлена на основе топографических карт серии 1:5 000 000 Американского географического общества. Картографические единицы представляют собой совокупности почвенных единиц, подразделенные на классы по текстуре и склонам. Они отмечены на картах условными знаками. Преобладающие почвы показаны в цвете, а разность фаз показана штриховкой.

Небольшая карта-врезка показывает три степени достоверности информации о почвах, на основе которой была составлена карта.

Подробные определения почвенных единиц и полное описание всех применяемых терминов находятся в томе I комплекта.

### Текст

В первой главе описывается развитие проекта в Южной Азии и излагаются некоторые замечания по использованию карты. Во второй главе высказывается признательность за сотрудничество учреждениям и большому числу лиц, которые содействовали подготовке карт и текста. В третьей главе излагается резюме материала тома I по картографическим единицам, легенде и источникам информации.

В основных главах этого тома рассматриваются условия окружающей среды, распределение почв и землепользование.

### УСЛОВИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

В главе 4 содержится краткое описание четырех факторов окружающей среды, которые оказывают влияние на развитие и использование

почв: климат, растительность, геоморфология и геология и литология.

Климат рассматривается на основе восьми обширных климатических районов. Ввиду того, что критерии, используемые для определения единиц, являются такими критериями, которые важны для возделывания сельскохозяйственных культур, климатическая карта дополняет почвенную карту при передаче информации об урожае из одной части мира в другую. В данном случае рассматриваются лишь высшие категории. Основные климатические районы показаны на мелкомасштабной карте (Фиг. 1).

Растительность рассматривается на основе 14 обширных районов растительности, которые подразделяются на 34 подрайонов и различаются по ареалам (климатическим или почвенным) и физиогномике и растительной структуре. Распределение районов растительности показано на мелкомасштабной карте (Фиг. 2). В тексте кратко говорится о каждом районе, а также о размещении и характере его подрайонов.

Геоморфология и развитие ландшафта рассматриваются с точки зрения трех основных групп морфоструктурных районов: Индийской платформы, Индо-Гангской равнины, Аравийской платформы и сопредельной Срединной зоны, а также геосинклинали Тетиса. На мелкомасштабной карте показаны геоморфологические подрайоны (Фиг. 3).

Геология рассматривается в рамках трех упомянутых выше районов, а литология - в рамках десяти районов. В том включены две мелкомасштабные карты (Фиг. 4 и 5); карта геологических районов, которые рассматриваются порайонно в тексте, и литологическая карта. В тексте описывается геологическое происхождение и характер основных обнаженных в настоящее время поверхностей.

Использование почв и земель - В главах 5 и 6 описываются почвы подконтинента, а также содержится обширная таблица почвенных

ассоциаций, перечень распределения основных почв и рассматриваются проблемы землепользования и пригодности почв для сельского хозяйства.

В таблице почвенных ассоциаций перечисляются все картографические единицы в алфавитном порядке условных знаков. В других колонках приводятся:

- ассоциированные почвы
- включения
- фазы
- площади единиц в 1 000 га
- климатические условные обозначения
- страны распространения

Распространение основных почв рассматривается на основе 19 обширных почвенных районов, показанных на мелкомасштабной карте (Фиг.6). Основные почвы каждого района рассматриваются в связи с факторами окружающей среды.

Нынешнее землепользование и пригодность земель для ведения сельского хозяйства рассматривается сначала в общем плане. Затем основные почвы рассматриваются отдельно, описывается их использование в настоящее время и пригодность упомянутых земель.

Культированное землепользование осуще-

ствляется как правило на небольших площадях традиционными методами, что позволяет получать урожай лишь несколько больше необходимого для пропитания. В связи с этим возможен значительный подъем сельскохозяйственного производства за счет лучшего использования почв.

#### Выводы

В конце главы 6 дается общая картина распределения основных почвенных единиц и использования их земли. Аридные почвы с грубым выпасом и маломощные горные почвы покрывают около 60 процентов территории Южной Азии. Почвы рассматриваются в качестве пригодных для сельского хозяйства там, где не являющийся сдерживающим фактором рельеф покрывает около 40 проц. территории.

#### Приложение

По некоторым основным почвенным единицам в Приложении приводятся данные о местах распространения и профилях, включая описание профилей и анализы. Для более удобного пользования почвенные профили приводятся в алфавитном порядке условных знаков.



# 1. INTRODUCTION

## Historique du projet <sup>1</sup>

Reconnaissant le besoin de faire la somme des connaissances relatives aux sols du monde, le septième Congrès de l'Association internationale de la science du sol, tenu à Madison, Wisconsin, Etats-Unis, en 1960, recommanda de publier des cartes des sols des grandes régions du monde. Pour donner suite à cette recommandation, la FAO et l'Unesco décidèrent, en 1961, de préparer conjointement une Carte mondiale des sols sur la base des données disponibles en matière de prospection des sols et des corrélations supplémentaires effectuées sur le terrain. Le secrétariat de ce projet conjoint, installé au siège de la FAO à Rome, a été chargé de recueillir et de classer les renseignements techniques, d'entreprendre les études de corrélation et d'établir les cartes et le texte correspondant.

En juin 1961, un Groupe consultatif composé de pédologues éminents, représentant diverses parties du monde, a été réuni par la FAO et l'Unesco en vue d'étudier les problèmes méthodologiques, scientifiques et autres soulevés par la préparation de la Carte mondiale des sols <sup>2</sup>.

Une réunion régionale sur la classification et la cartographie des sols au Proche-Orient avait déjà été organisée par la FAO à Beyrouth, Liban, en décembre 1959, à l'invitation du gouvernement de ce pays. Le principal objectif de cette réunion était de promouvoir les programmes de cartographie des sols et de normaliser les méthodes d'études pédologiques et de classification des sols, en vue d'établir la carte des ressources en sols de la région.

Conformément à une recommandation du Groupe consultatif, préconisant l'organisation de la corrélation au niveau régional, un séminaire sur ce sujet

pour le centre et le sud de l'Asie a eu lieu à Tachkent, Ouzbékistan, U.R.S.S., en septembre 1962. Une carte des sols de l'Asie au 1 : 6 000 000, établie par V.A. Kovda et E.V. Lobova, a été présentée à cette réunion, ainsi que des projets de cartes des sols de l'Afghanistan, de la Birmanie, et de Sri Lanka. Ce séminaire a été suivi d'un voyage d'étude qui a permis d'établir des corrélations entre les unités pédologiques représentatives de la région.

Un premier projet de carte générale des sols du Proche-Orient, fondé sur les données fournies par le séminaire, a été préparé à la FAO et présenté en 1964 au huitième Congrès de l'Association internationale de la science du sol, tenu à Bucarest, Roumanie.

Un projet de carte des sols de l'Inde au 1 : 3 000 000 a été dressé par « All India Soil and Land Use Survey » et présenté à une réunion sur la corrélation et l'évaluation des sols tenue en avril 1965 à New Delhi. Au cours de cette réunion et du voyage d'étude prévu à cette occasion, on s'est surtout occupé de la corrélation des principales unités de cette carte avec celles de la classification internationale et avec les cartes des sols de pays voisins tels que le Pakistan, le Népal et Sri Lanka.

En 1967, All India Soil and Land Use Survey a aimablement pris des dispositions pour que deux consultants de la FAO effectuent une mission de longue durée afin de procéder à des études de corrélation sur le terrain. A la suite de celle-ci, un premier projet de carte des sols de l'Inde, établi sur la base des nouvelles unités pédologiques définies par la FAO, a pu être terminé à temps pour être présenté au neuvième Congrès de l'Association internationale de la science du sol, tenu en 1968 à Adélaïde, Australie.

Le projet final de la carte générale des sols pour l'Asie du Sud a été établi au Service des ressources en sols, de leur mise en valeur et de leur conservation de la FAO, en 1972. Il englobe les données remises à jour sur la répartition des sols et résultant d'un certain nombre de projets FAO/PNUD réalisés sur le terrain, et des cartes des sols entièrement révisées pour plusieurs pays, en particulier le Bangladesh, l'Iran, l'Irak, Israël et le Pakistan.

<sup>1</sup> L'historique du projet est exposé de manière plus complète dans le volume I.

<sup>2</sup> Les participants à cette réunion étaient:

*Consultants:* G. Aubert (France), M. Camargo (Brésil), J. D'Hoore (Belgique), E.V. Lobova (U.R.S.S.), S.P. Raychaudhuri (Inde), G.D. Smith (Etats-Unis), C.G. Stephens (Australie), R. Tavernier (Belgique), N.H. Taylor (Nouvelle-Zélande), I.V. Tiurin (U.R.S.S.), F.A. van Baren (Pays-Bas).

*Secrétariat Unesco:* V.A. Kovda et M. Batisse.

*Secrétariat FAO:* D. Luis Bramão, R. Dudal et F. George.

Les principales sources d'information utilisées pour la préparation de la carte des sols de l'Asie du Sud sont indiquées au chapitre 3.

### Objectifs

Le transfert des connaissances et de l'expérience acquise d'une région à l'autre ne peut se faire avec succès que si l'on tient compte des ressemblances et des différences dans les conditions géographiques, pédologiques et climatiques. En outre, avant de préconiser telle ou telle technique d'exploitation, il faut s'assurer de sa rentabilité dans les conditions socio-économiques existantes. A cette fin, il est indispensable de disposer de données fiables sur la nature et la répartition des principaux sols du monde. Cependant, la préparation de cartes des sols à l'échelle régionale et continentale exige une légende et une nomenclature uniformes, et leur corrélation avec les systèmes existants de classification des sols. L'un des principaux objectifs du projet de la Carte mondiale des sols FAO-Unesco était d'encourager tous les pédologues du monde à coopérer pour arrêter un système international de corrélation des sols.

En Asie du Sud, la recherche agricole vise surtout à accroître la production des terres cultivées et des pâturages. De vastes étendues semi-arides, quasiment délaissées par l'homme, sont actuellement étudiées pour en évaluer les possibilités de mise en valeur aux fins de culture irriguée. Les gouvernements intéressés sont secondés dans cette tâche par de nombreux experts, au titre de programmes d'assistance internationale et bilatérale. Cette étude des sols du continent s'efforce de faire la synthèse des connaissances dont on dispose au stade actuel de développement de la science du sol en Asie du Sud. On espère ainsi promouvoir la compréhension entre pédologues, planificateurs et agriculteurs, coordonner utilement les travaux sur les sols au niveau national et international, et stimuler la recherche et ses applications dans cette partie du monde.

### Valeur et limitations de la carte

La carte des sols de l'Asie du Sud est censée constituer une source de données concrètes, en même temps qu'une base et un cadre pour de nouvelles prospections pédologiques régionales et nationales plus détaillées. Elle peut être un auxiliaire utile pour le choix des méthodes de mise en valeur, de production agricole, d'application d'engrais et d'utilisation générale des sols. Jusqu'à présent, toutes les tentatives faites en vue d'établir des plans ou des prévisions d'ensemble ont été gênées par le manque d'uniformité dans la terminologie, la nomenclature et

la classification des sols, ainsi que par l'absence d'une vue complète des ressources mondiales en sols.

L'interprétation systématique de la Carte mondiale des sols permettra d'évaluer la répartition des principaux sols et leur potentiel de production à l'échelle continentale, et de délimiter les grandes surfaces qui méritent d'être étudiées en priorité. Cet inventaire des ressources en sols mettra en lumière les limitations et les possibilités des diverses régions en ce qui concerne l'augmentation de la production alimentaire.

Une carte continentale des sols telle que celle établie pour l'Asie du Sud peut en outre constituer une aide précieuse pour la formation des géographes, des pédologues, des agronomes et de tous ceux qui s'intéressent à l'étude du milieu.

Bien que la publication de cette carte et de son texte explicatif représente un sérieux pas en avant, il est nécessaire d'en signaler les limitations. La précision et le détail des informations fournies sont évidemment limités par la petite échelle de la carte et par le fait que, pour certaines zones, les données pédologiques sont rares en raison d'une corrélation sur le terrain insuffisante ou du manque d'observations directes. Par ailleurs, les différences de méthodes utilisées sur le terrain et pour les études en laboratoire ont entraîné des difficultés lors de la compilation de la carte continentale. Ces limitations s'appliquent aussi aux données interprétatives, qui ne peuvent être plus exactes que les informations sur lesquelles elles sont basées. En dépit de ces imperfections, cette carte des sols d'Asie du Sud, fruit de la coopération internationale, est l'inventaire le plus récent et le plus détaillé des ressources en sols. Ses limitations soulignent la nécessité d'intensifier les corrélations des sols et d'approfondir nos connaissances sur la nature et la répartition des sols dans les parties de ce continent où les informations sont actuellement défaut.

### Utilisation de la carte et du texte explicatif

Sur son tracé topographique de base, la carte fait apparaître le schéma général des sols dominants, identifiés par des couleurs différentes. Des groupes de teintes assez voisines ont été utilisés pour les sols qui présentent des caractéristiques similaires, de manière à faciliter l'identification des principales régions pédologiques.

Les symboles d'associations de sols permettent d'obtenir des informations plus détaillées pour chaque unité cartographique. La composition des 350 associations est indiquée au chapitre 5 (tableau 4) où elles sont énumérées par ordre alphabétique et numérique, et décrites selon le climat, la végétation

naturelle, la lithographie et la superficie. Un tableau montrant la composition des associations de sols figure également au verso des cartes.

La signification des classes de texture et de topographie qui accompagnent les symboles des unités cartographiques est également expliquée sur la carte des sols, de même que celle des surcharges correspondant aux phases. Celles-ci sont décrites plus en détail au chapitre 3. On trouvera dans le volume I les définitions des unités pédologiques concernées. Les descriptions de profils et les données analytiques figurant à l'annexe illustrent et précisent encore davantage les définitions des sols.

La répartition géographique des sols est indiquée à la figure 6 et examinée au chapitre 5.

Les informations sur la fréquence, l'utilisation, les limitations, les vocations et les possibilités agricoles des unités pédologiques figurent au chapitre 6, qui traite des problèmes spécifiques d'exploitation et de gestion de ces unités.

Les personnes intéressées non seulement par la nature, la répartition et la vocation des sols (sous l'angle de l'agriculture), mais aussi par leur milieu naturel, trouveront au chapitre 4 de plus amples informations sur le climat, la végétation, la géomorphologie, la géologie et la lithologie.

## 2. REMERCIEMENTS

La carte des sols de l'Asie du Sud n'aurait pu être établie sans la coopération d'institutions gouvernementales et de nombreux pédologues.

Ci-après la liste des organismes officiels et des personnes qui ont apporté une aide particulière à ce projet. De sincères remerciements sont adressés à tous ceux qu'il ne nous a pas été possible de citer individuellement.

### Collaborateurs

#### ORGANISMES OFFICIELS

Afghanistan	Soil Department, Land and Water Resources Survey Authority, Ministry of Agriculture and Irrigation, Kaboul
Arabie Saoudite	Ministry of Agriculture and Water, Riyadh
Bangladesh	Soils Institute, Ministry of Food and Agriculture, Dacca
Birmanie	Land Use Bureau and Irrigation Department, Ministry of Lands and Forests, Rangoon
Inde	All India Soil and Land Use Survey, Indian Agricultural Research Institute, New Delhi Indian Photo-Interpretation Institute, Dehra Dun Soil Conservation Department, Ministry of Food and Agriculture, New Delhi
Irak	Section of Soil Survey and Land Classification, Ministry of Agriculture, Bagdad
Iran	Soil Institute, Ministry of Agriculture, Téhéran
Israël	Soil Conservation Division, Israel Ministry of Agriculture, Jérusalem The Volcani Institute of Agricultural Research, Rehovot

Jordanie	Soil Survey Division, Irrigation and Soils Department, Natural Resources Authority, Amman
Liban	Institute of Agricultural Research, Ministry of Agriculture, Tel Amara
Népal	Soil Science Section, Department of Agriculture, Katmandou
Pakistan	Soils Institute, Ministry of Food and Agriculture, Lahore
Sri Lanka	Division of Chemistry, Department of Agriculture, Peradeniya
Syrie	Directorate of Soils and Chemical Laboratories, Ministry of Agriculture, Damas
U.R.S.S.	All-Union Society of Soil Scientists

#### COLLABORATEURS INDIVIDUELS

(dans l'ordre alphabétique des pays auxquels se rapportent leurs travaux)

Afghanistan	R.G. Menon <sup>1</sup> , V. Nasirov <sup>1</sup> , D.M. Noori, Z. Salem, K.N. Satyapal <sup>1</sup> , V.S. Subramanian <sup>1</sup>
Arabie Saoudite	J.E. Paseur <sup>1</sup>
Bangladesh	H. Brammer <sup>1</sup> , A. Islam
Birmanie	B.I. Gasanov <sup>1</sup> , M.F. Purnell <sup>1</sup> , B.G. Rozanov
Inde	J.S. Bali, J. Bennema <sup>1</sup> , T. Day <sup>1</sup> , J.S. Kanwar, F. Mouttapa <sup>1</sup> , R.S. Murthy, S.V. Govinda Rajan, S.P. Raychaudhuri, T.R. Srinivasan, R.V. Tamhane
Irak	F.H. Altaie, P. Buringh <sup>1</sup> , H.M. Yahia

<sup>1</sup> Fonctionnaire de la FAO.

Iran	J.R. Desauettes <sup>1</sup> , M.L. Dewan <sup>1</sup> , J. Famouri, A.F. Mahdavi, P.J. Mahler <sup>1</sup> , L.H.J. Ochtman <sup>1</sup> , M. Vakilian
Israël	J. Dan, H. Koyumdjisky, Z. Raz, D.H. Yaalon
Jordanie	D.R. Harris <sup>1</sup> , F.R. Moormann <sup>1</sup>
Liban	J.R. Desauettes <sup>1</sup> , K. Khazzaka, P.J. Mahler <sup>1</sup> , A. Osman, J. Thirion <sup>1</sup> , W. Verhey <sup>1</sup>
Népal	M. Kaddah, M.L. Pradhan, A. van Wambeke <sup>1</sup>
Pakistan	M. Bashir, R. Brinkman <sup>1</sup> , J.F. Douglas <sup>1</sup> , P.R. Hesse <sup>1</sup> , G.M. Higgins <sup>1</sup> , A.G. Riaz, M. Rafiq
Sri Lanka	C.R. Panabokke
Syrie	W.J. van Liere <sup>1</sup>

### Préparation de la carte

En parfaite coopération avec les institutions gouvernementales, les pédologues et les fonctionnaires de la FAO susmentionnés, des maquettes successives de la carte des sols pour diverses parties de l'Asie du Sud ont été préparées à la FAO, Rome, par le centre chargé du projet. La première maquette d'une carte générale des sols pour le Proche-Orient, obtenue

à partir des cartes existantes de différents pays, a été composée à la FAO en 1962 et suivie d'une seconde version en 1963. Une première maquette d'une carte des sols de l'Inde a été terminée en 1968. Ces premiers projets ont été assemblés en 1972 au siège de la FAO afin de constituer une carte générale de l'Asie du Sud, après corrélation avec la légende établie par la FAO pour la Carte mondiale des sols.

Nous adressons nos vifs remerciements à l'American Geographical Society de New York, qui nous a permis d'utiliser sa carte du monde au 1 : 5 000 000 pour la préparation de la Carte mondiale des sols.

### Préparation du texte explicatif

Les chapitres techniques du projet de texte explicatif ont été mis au point en 1972 par M. Rafiq. H. Brammer a contribué à la rédaction du chapitre Utilisation et vocation des sols, tandis que P.L.J. de Jongh a fourni les données de base pour l'établissement des chapitres concernant la géomorphologie, la géologie et la lithologie. Le projet final de ce texte a été mis au point au siège de la FAO en décembre 1973.

### Appui financier

Le coût de la préparation et de l'impression de la carte des sols de l'Asie du Sud a été assumé conjointement par la FAO et l'Unesco. Des remerciements doivent également être adressés au gouvernement des Pays-Bas, qui a mis à la disposition du projet les services du regretté P.L.J. de Jongh de 1970 à 1972.

<sup>1</sup> Fonctionnaire de la FAO.

Exemples: Vc50-3	Vertisols chromiques, texture fine, et xérosols calciques
Xk21-3	Xérosols calciques, texture fine, xérosols luviqes et lithosols

Là où coexistent deux groupes de texture impossibles à délimiter sur la carte, on peut utiliser deux chiffres:

Exemple: Yk40-2/3 Yermosols calciques, texture moyenne à fine, et solonchaks

La classe de pente de l'association pédologique est indiquée par une lettre minuscule (a, b ou c) placée immédiatement après le chiffre indiquant la texture.

Exemple: Vc50-3a Vertisols chromiques, texture fine, et xérosols calciques, plat à légèrement ondulé

Dans les zones complexes où coexistent deux types de topographie impossibles à délimiter sur la carte, on peut utiliser deux lettres minuscules:

Exemple: Lc33-3b/c Luvisols chromiques, texture fine, cambisols vertiques, rendzines et lithosols, vallonné à abrupt

Si l'on ne dispose pas de renseignements sur la texture, la lettre minuscule désignant la classe de pente sera placée immédiatement après le symbole de l'association, et séparée de celui-ci par un tiret.

Exemple: Yk32-a Yermosols calciques, lithosols et yermosols luviqes, plat à légèrement ondulé

#### COULEURS DE LA CARTE

Les couleurs des associations de sols correspondent à l'unité pédologique dominante. Une couleur spécifique a été attribuée à chacune des unités pédologiques utilisées pour la Carte mondiale des sols. Un symbole figurant sur la carte sert à distinguer les unités cartographiques.

Le choix des couleurs a été fait par groupes de teintes, de sorte que les « régions pédologiques » comprenant des sols apparentés seront faciles à discerner sur la carte.

Si l'on ne dispose pas de renseignements suffisants pour spécifier l'unité pédologique dominante, le groupe d'unités, dans son ensemble, est indiqué par la couleur de la première unité mentionnée sur la liste (exemple: couleur des yermosols hapliques pour les yermosols en général, et couleur des cambisols dystriques pour les cambisols en général).

Les associations à lithosol dominant sont représentées par des hachures grises et de la couleur du sol associé. S'il n'a pas été relevé de sols associés (parce qu'ils occupent moins de 20 pour cent de la zone considérée ou que l'on manque de renseignements précis), la couleur du lithosol est appliquée uniformément sur le fond rayé.

#### PHASES

Les phases sont indiquées sur la carte des sols de l'Asie du Sud par des surcharges.

TABLEAU 1. - UNITÉS PÉDOLOGIQUES DE L'ASIE DU SUD

<b>J</b>	<b>FLUVISOLS</b>	<b>V</b>	<b>VERTISOLS</b>	<b>H</b>	<b>PHAEZEMS</b>	<b>P</b>	<b>PODZOLS</b>
Je	Fluvisols eutriques	Vp	Vertisols pellicules	Hh	Phaeozems hapliques	Pl	Podzols leptiques
Jc	Fluvisols calcaires	Vc	Vertisols chromiques	Hc	Phaeozems calcaires	Ph	Podzols humiques
Jd	Fluvisols dystriques						
Jt	Fluvisols thioniques	<b>Z</b>	<b>SOLONCHAKS</b>	<b>B</b>	<b>CAMBISOLS</b>	<b>W</b>	<b>PLANOSOLS</b>
<b>G</b>	<b>GLEYSOLS</b>	Zo	Solonchaks orthiques	Be	Cambisols eutriques	We	Planosols eutriques
Ge	Gleysols eutriques	Zm	Solonchaks molliques	Bd	Cambisols dystriques	Ws	Planosols solodiques
Gc	Gleysols calcaires	Zt	Solonchaks takyriques	Bh	Cambisols humiques		
Gd	Gleysols dystriques	Zg	Solonchaks gleyiques	Bg	Cambisols gleyiques	<b>A</b>	<b>ACRISOLS</b>
Gm	Gleysols molliques			Bk	Cambisols calciques	Ao	Acrisols orthiques
Gh	Gleysols humiques	<b>S</b>	<b>SOLONETZ</b>	Bc	Cambisols chromiques	Af	Acrisols ferriques
Gp	Gleysols pliniques	So	Solonetz orthiques	Bv	Cambisols vertiques	Ah	Acrisols humiques
Gx	Gleysols gleyiques	Sg	Solonetz gleyiques	Bf	Cambisols ferralliques	Ap	Acrisols pliniques
						Ag	Acrisols gleyiques
<b>R</b>	<b>RÉGOSOLS</b>	<b>Y</b>	<b>YERMOSOLS</b>	<b>L</b>	<b>LUVISOLS</b>	<b>N</b>	<b>NITOSOLS</b>
Re	Régosols eutriques	Yh	Yermosols hapliques	Lo	Luvisols orthiques	Ne	Nitosols eutriques
Rc	Régosols calcaires	Yk	Yermosols calciques	Lc	Luvisols chromiques	Nd	Nitosols dystriques
Rd	Régosols dystriques	Yy	Yermosols gypsiques	Lk	Luvisols calciques	Nh	Nitosols humiques
		Yl	Yermosols luviqes	Lv	Luvisols vertiques		
<b>I</b>	<b>LITHOSOLS</b>	Yt	Yermosols takyriques	Lf	Luvisols ferriques	<b>F</b>	<b>FERRALSOLS</b>
				Lp	Luvisols pliniques	Fo	Ferralsols orthiques
<b>Q</b>	<b>ARÉNOSOLS</b>	<b>X</b>	<b>XÉROSOLS</b>	Lg	Luvisols gleyiques	Fr	Ferralsols rhodiques
Qc	Arénosols cambiques	Xh	Xérosols hapliques			Fh	Ferralsols humiques
Qf	Arénosols ferralliques	Xk	Xérosols calciques	<b>D</b>	<b>PODZOLUVISOLS</b>	Fp	Ferralsols pliniques
Qa	Arénosols albiqes	Xy	Xérosols gypsiques	De	Podzoluvissols		
<b>E</b>	<b>RENDZINES</b>	Xl	Xérosols luviqes		eutriques	<b>O</b>	<b>HISTOSOLS</b>
<b>U</b>	<b>RANKERS</b>	<b>K</b>	<b>KASTANOZEMS</b>	Dd	Podzoluvissols	Oe	Histosols eutriques
<b>T</b>	<b>ANDOSOLS</b>	Kh	Kastanozems hapliques		dystriques	Od	Histosols dystriques

NOTE: Ce tableau suit l'ordre de présentation des unités pédologiques figurant au volume I.

Les phases *pétrique*, *pétrocalcique* et *pétrogypsique* indiquent la présence d'un horizon induré (horizons concrétionnaire, pétrocalcique et pétrogypsique, respectivement) à moins de 100 cm de la surface.

La phase *piérreuse* ou *graveleuse* indique des zones où la présence de graviers, de cailloux, de blocs ou d'affleurements rocheux rend impraticable l'utilisation de matériel agricole mécanisé.

La phase *lithique* indique des sols peu profonds, d'une épaisseur moyenne de 10 à 50 cm.

L'impression en surcharge représentant les *sables mobiles* a été utilisée localement avec des régosols sableux ou des arénosols pour indiquer qu'une partie importante de la zone correspondante est constituée de dunes mobiles.

La phase *saline* indique que certains des sols de l'association (mais pas nécessairement les sols dominants) sont salinisés au point d'avoir une conductivité supérieure à 4 mmhos/cm pendant une partie de l'année dans certains endroits du sol situés à moins de 125 cm de la surface. Cette notation de phase vise à signaler une salinisation présente ou potentielle.

La phase *sodique* est utilisée pour les sols qui présentent une saturation de plus de 6 pour cent en sodium dans certaines parties du sol situées à moins de 125 cm de la surface. A noter que les solonchaks ne sont pas signalés en tant que phases salines, ni les solonetz en tant que phases sodiques, étant donné que ces sols sont salins ou sodiques par définition. Dès l'instant où l'on veut relever toutes les zones à sols salins, il faut inclure toutes les phases salines, plus les solonchaks; de même, pour relever toutes les zones à sols sodiques, il faut inclure toutes les phases sodiques, plus les solonetz.

Lorsque plusieurs de ces phases se manifestent simultanément, seule a été indiquée celle qui constitue l'entrave la plus sérieuse à la production agricole. Dans certains cas, les phases lithiques et piérreuses ont été indiquées ensemble.

#### UNITÉS DIVERSES DE PAYSAGE

Diverses unités de paysage ont été utilisées pour indiquer les étendues salées, les dunes et sables mobiles, ainsi que les glaciers et champs de neige.

Là où la surface occupée par ces unités est suffisamment étendue pour pouvoir être représentée séparément, le signe correspondant sera imprimé sur un fond vierge. Par contre, si l'unité de paysage se manifeste en combinaison avec une association de sols, le signe caractéristique de cette unité sera imprimé en surcharge sur la couleur du sol dominant.

#### Sources d'information

On trouvera sur la carte des sols de l'Asie du Sud un carton donnant les sources d'information utilisées

et leur degré de fiabilité. On y distingue les zones ayant fait l'objet de levés pédologiques systématiques, d'études pédologiques de reconnaissance ou simplement d'information générale, complétée par quelques observations pédologiques locales.

Actuellement, 14 pour cent environ de la surface du sous-continent sud-asiatique sont couverts par des cartes résultant de prospections pédologiques assez poussées pour pouvoir être placées en classe de fiabilité I. Le degré de précision varie fatalement en fonction de l'échelle, de la méthodologie et de l'objectif recherché. Le recours à diverses méthodes de classification rend aussi la corrélation plus difficile et nuit à la fiabilité de la carte. D'autres incertitudes proviennent de l'influence, sur les limites entre les unités de la carte, des différents concepts utilisés pour définir les unités pédologiques.

Environ 22 pour cent de la surface de l'Asie du Sud couverte par la carte des sols sont à placer en classe de fiabilité II. On s'est servi d'études pédologiques de reconnaissance qui visaient à donner, en même temps que des renseignements de base sur le milieu naturel, une assez bonne idée de la répartition des sols. On a tiré parti des changements marqués dans les schémas de la végétation, de la géomorphologie, de la lithologie et du climat pour établir les cartes des sols dans certaines zones insuffisamment couvertes par les prospections pédologiques.

La classe de fiabilité III, dans laquelle se rangent 64 pour cent du sous-continent sud-asiatique, correspond à des zones encore inexplorées, ou pour lesquelles les quelques études pédologiques effectuées n'ont pas fourni de données de base suffisantes pour obtenir davantage qu'une ébauche grossière de la répartition des sols, même à l'échelle du 1 : 5 000 000. Il faudra donc, pour se faire une idée de cette répartition dans ces régions, procéder à d'autres études. Par ailleurs, les photographies aériennes sont rares. Toutefois, la plupart de ces régions étant quasiment inhabitées et d'accès difficile, elles n'ont généralement qu'une faible priorité du point de vue du développement, et il s'écoulera probablement beaucoup de temps avant que l'on puisse disposer des données nécessaires à l'amélioration de la carte. Peut-être pourra-t-on un jour se servir à cette fin des renseignements complémentaires obtenus par télédétection à partir d'engins spatiaux ou de satellites.

Une abondante documentation a été consultée pour la préparation de la carte des sols de l'Asie du Sud. Bien qu'il soit impossible d'en donner la liste complète, on a indiqué ci-après, classés d'après leur pays d'origine, les principaux documents, soit qu'ils couvrent des surfaces importantes de la carte, soit qu'ils aient été spécialement préparés pour le projet. On a également donné quelques précisions sur la fiabilité des cartes dans les domaines examinés.



## AFGHANISTAN

La principale source d'information a été la carte générale des sols de ce pays, à l'échelle du 1 : 2 000 000, établie en 1962 par V. Subramanian de la FAO, qui a effectué une mission de trois ans en Afghanistan au titre du projet FAO/PNUD « Enquête sur les ressources en terres et en eaux ». Le programme de prospection systématique prévu par ce projet intéressait des zones particulièrement propices au développement de l'irrigation, telles que les vallées de l'Hari Rud et du Farah Rud et les bassins de Kaboul, Ghazni et Nahar, représentant au total 1,7 million d'hectares. La surface totale couverte par des prospections systématiques en Afghanistan est d'environ 6 millions d'hectares. Le reste du territoire a été cartographié moyennant l'interprétation des données disponibles en fonction des résultats obtenus dans les zones prospectées.

## ARABIE SAOUDITE

La principale source d'information a été la carte générale de la péninsule Arabique, établie en 1971 par J.E. Passeur de la FAO, qui était elle-même fondée sur la carte géologique de la péninsule Arabique préparée par l'U.S. Geological Survey et l'Arabian-American Oil Company en 1963. La partie de la

carte couvrant l'ouest de l'Arabie Saoudite était également fondée sur des données provenant du projet de prospection des ressources exécuté en Arabie Saoudite par trois sociétés privées d'experts-conseils : Italconsult, SOGREAH et Parson/Basil Consult.

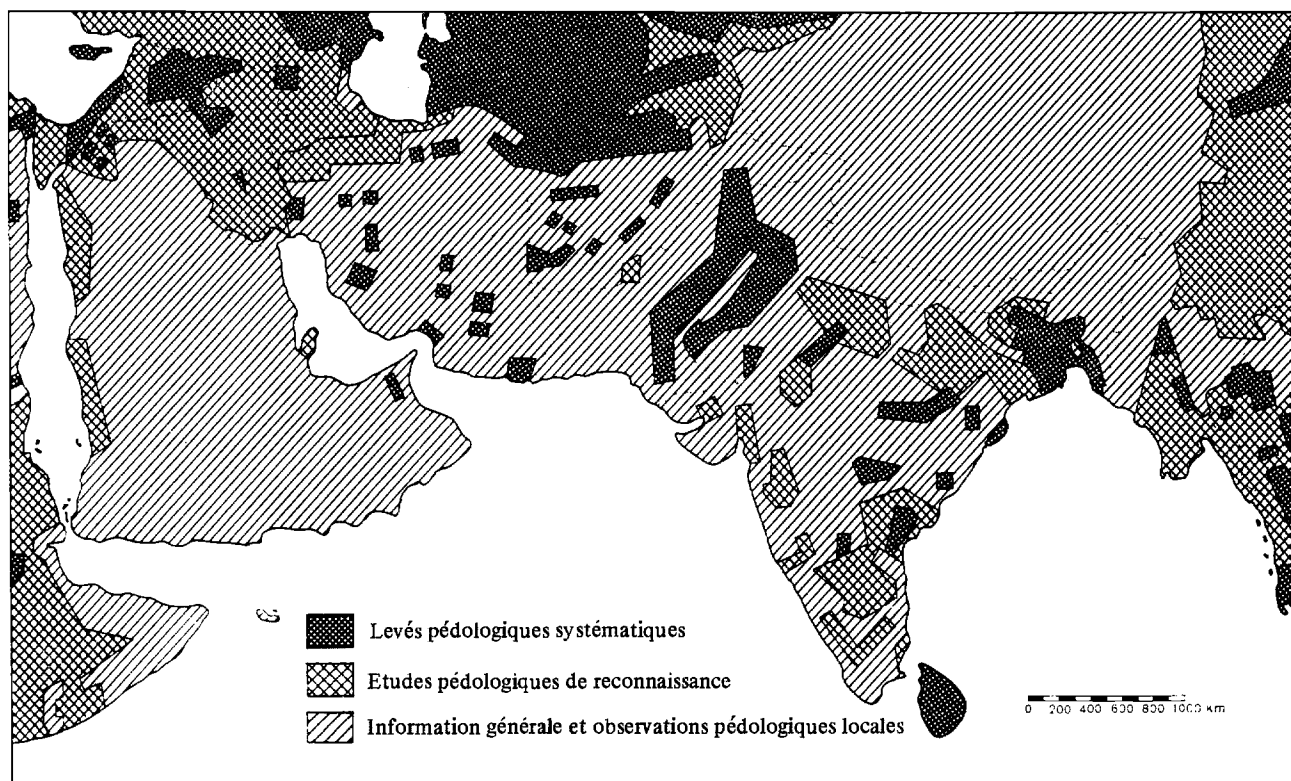
## BAHREÏN

La principale source d'information a été la carte générale de la péninsule Arabique, établie en 1971 par J.E. Passeur de la FAO, qui était elle-même fondée sur la carte géologique de la péninsule Arabique préparée par l'U.S. Geological Survey et l'Arabian-American Oil Company en 1963.

## BANGLADESH

Une carte des sols du Bangladesh a été établie en 1970 à partir des données fournies par le projet FAO/PNUD « Etude des sols du Pakistan ». Ce projet, démarré en 1961, visait principalement à effectuer une étude semi-détaillée des sols des zones agricoles dans ce qui était alors le Pakistan occidental et oriental. Une bonne partie du territoire a été prospectée dans le cadre de ce projet, et la carte générale des sols, qui a servi pour la Carte mondiale des sols, présente donc un degré élevé de fiabilité.

## SOURCES D'INFORMATION



## BIRMANIE

Une carte de reconnaissance des sols pour l'ensemble de ce pays, à l'échelle de 2,5 cm pour 64,5 km (environ 1 : 2 500 000), a été préparée par B.G. Rozanov et publiée en 1959 par le Soils and Land Use Bureau. Une première corrélation des unités cartographiques avec la légende de la FAO avait été tentée par B.I. Gasanov de la FAO, affecté en Birmanie de 1967 à 1970. Le projet final de la carte de ce pays, après apport de données plus récentes, a été établi avec l'aide de M.F. Purnell, autre expert de la FAO en prospection pédologique, qui était en mission en Birmanie au moment de la mise au point définitive de la présente carte et du texte correspondant.

## EMIRATS ARABES UNIS

La principale source d'information a été la carte générale de la péninsule Arabique, établie en 1971 par J.E. Passeur de la FAO, qui était elle-même fondée sur la carte géologique de la péninsule Arabique préparée par l'U.S. Geological Survey et l'Arabian-American Oil Company en 1963.

## INDE

Une carte des sols de l'Inde a été présentée par S.P. Raychaudhuri au Séminaire sur la corrélation des sols pour le centre et le sud de l'Asie, tenu à Tachkent, U.R.S.S., en 1962. A peu près à la même époque, une autre carte des sols a été publiée par S.V. Govinda Rajan. En 1965, un projet de carte des sols de l'Inde au 1 : 3 000 000 a été proposé par All India Soil and Land Use Survey, à titre de document de base pour la réunion de New Delhi sur la corrélation et l'évaluation des sols. La carte dite International Soil Map of Vegetation, publiée à Bombay en 1965 par l'Indian Council of Agricultural Research, a également fourni de précieux renseignements sur la répartition des sols dans la partie méridionale du sous-continent asiatique.

Tous ces matériaux, y compris la carte de l'Asie au 1 : 6 000 000 publiée par l'Institut Dokoutchaïev, ont été recueillis et mis en corrélation, et une première maquette de la carte des sols de l'Inde, basée sur les unités FAO, a pu être terminée en 1968. Cette première version a été ultérieurement améliorée par l'incorporation des nouvelles informations fournies par les projets de terrain FAO/PNUD, en particulier dans la zone du canal du Rajasthan.

## IRAK

La publication par P. Buringh (1960) d'une étude accompagnée d'une carte générale des sols de l'Irak à l'échelle du 1 : 1 000 000 a été largement utilisée

pour la détermination de la répartition des sols et de leur utilisation dans ce pays. La thèse de F.H. Altaïe (1968), assortie d'une carte des sols du pays au 1 : 1 000 000 selon le système de classification du Département de l'agriculture des Etats-Unis (septième approximation), a servi de principale source d'information.

## IRAN

Une carte des sols de l'Iran, au 1 : 2 500 000, a été établie peu avant 1960 avec l'aide de M.L. Dewan, pédologue de la FAO affecté dans ce pays de 1953 à 1959. Cette carte, publiée en 1961 par le Soil Department du Ministère de l'agriculture et par la FAO, a été suivie par le document *The Soils of Iran* publié par la FAO en 1964.

Les études sur les sols et les ressources en terres se sont considérablement intensifiées à partir de 1966, date de la création du Soil Institute avec l'aide de la FAO et du PNUD. Cet institut a été chargé de toutes les études pédologiques du pays. C'est ainsi que l'on a étudié les sols de quelque 70 zones choisies en vue de leur développement agricole, et procédé à l'évaluation interprétative des terres sur une superficie d'environ 12 millions d'hectares dans le nord-ouest de l'Iran. Un programme de corrélation des sols a également été entrepris en vue de normaliser les méthodes de classification dans l'ensemble du pays. Ce projet a permis de recueillir une foule de nouvelles informations sur les caractéristiques et la répartition des sols en Iran, qui ont été incorporées au projet final de la carte des sols de ce pays, préparé en vue de l'établissement de la Carte mondiale des sols avec la collaboration de J.R. Desauternes, corrélateur des sols du Soil Institute.

## ISRAËL

La carte des associations de sols d'Israël au 1 : 1 000 000 par J. Dan, D. Yaalon, H. Koyumdjisky et Z. Raz (1972), condense tous les renseignements recueillis sur les ressources en sols de ce pays et constitue le principal document utilisé pour l'établissement de la carte simplifiée à l'échelle du 1 : 5 000 000. La brochure explicative qui l'accompagne, publiée dans l'Israel Journal of Earth Science, présente un essai de corrélation des unités pédologiques de la classification israélienne avec les nomenclatures de la FAO et du Département de l'agriculture des Etats-Unis.

## JORDANIE

Une carte générale des sols de la Jordanie au 1 : 2 000 000, établie par F.R. Moormann de la FAO (1959), a été utilisée comme information de base.

Les renseignements détaillés sur les sols de certaines zones retenues pour des projets de développement de l'irrigation ou des parcours, recueillis au cours des dix dernières années, ont été entièrement exploités pour la préparation du document final.

#### KOWEÏT

La principale source d'information a été la carte générale de la péninsule Arabique, établie en 1971 par J.E. Passeur de la FAO, qui était elle-même fondée sur la carte géologique de la péninsule Arabique préparée par l'U.S. Geological Survey et l'Arabian-American Oil Company en 1963.

#### LIBAN

Une carte des ressources en sols du Liban au 1 : 250 000 a été établie dans le cadre d'un projet FAO/PNUD « Enquête pédologique et plans connexes d'irrigation » en 1967. Cette carte regroupait toutes les informations disponibles concernant les sols du Liban, et en particulier les résultats des enquêtes semi-détaillées effectuées au titre de ce projet. Deux thèses de doctorat sur des problèmes spécifiques de recherche pédologique ont été récemment publiées et ont fourni des informations détaillées sur les caractéristiques de certains sols représentatifs.

#### NÉPAL

Il n'existait aucune carte des sols pour ce pays. Des cartes semi-détaillées de zones limitées avaient cependant été établies pour le développement de l'agriculture, et les informations pédologiques ainsi disponibles ont été extrapolées en s'appuyant sur des données relatives au climat, à la topographie et à la végétation.

#### OMAN

La principale source d'information a été la carte générale de la péninsule Arabique, établie en 1971 par J.E. Passeur de la FAO, qui était elle-même fondée sur la carte géologique de la péninsule Arabique préparée par l'U.S. Geological Survey et l'Arabian-American Oil Company en 1963.

#### PAKISTAN

La principale source d'information a été la carte générale des sols du Pakistan au 1 : 5 000 000, incluse dans le rapport sur le projet FAO/PNUD « Etude des sols » publié par la FAO en 1971. Au cours de ce projet, qui a duré près de neuf ans, de vastes superficies agricoles ont pu être prospectées dans la plaine de l'Indus, ainsi que de petites zones de par-

cours et de forêts. Les régions montagneuses et désertiques ont été cartographiées, tantôt par des reconnaissances sommaires, tantôt en utilisant les informations disponibles.

#### QATAR

La principale source d'information a été la carte générale de la péninsule Arabique, établie en 1971 par J.E. Passeur de la FAO, qui était elle-même fondée sur la carte géologique de la péninsule Arabique préparée par l'U.S. Geological Survey et l'Arabian-American Oil Company en 1963.

#### SRI LANKA

Une carte générale des sols au 1 : 500 000, indiquant les principaux groupes de sols de la région, a été publiée en 1962 par la Land Use Division du Département de l'agriculture. Une nouvelle édition de cette carte, comportant des changements mineurs, a paru en 1967. Une étude du Plan de Colombo dans le bassin du Walawe Ganga a fourni des informations détaillées sur les sols de la zone incluse dans ce projet.

#### SYRIE

La carte des sols de Syrie au 1 : 500 000, publiée avec l'aide d'un pédologue de la FAO, W.J. van Liere, a été utilisée comme document de base. Les unités cartographiques de cette carte sont au niveau de grands groupes, et la corrélation avec les unités pédologiques de la FAO a été basée sur des descriptions de profils et sur des prospections plus détaillées de certaines zones incluses dans divers projets. Pour la séparation entre les yermosols et les xérosols, dans la partie méridionale du pays, on s'est surtout appuyé sur des données climatiques.

#### YÉMEN, RÉPUBLIQUE ARABE DU

La principale source d'information a été la carte générale de la péninsule Arabique, établie en 1971 par J.E. Passeur de la FAO, qui était elle-même fondée sur la carte géologique de la péninsule Arabique préparée par l'U.S. Geological Survey et l'Arabian-American Oil Company en 1963.

#### YÉMEN, RÉPUBLIQUE DÉM. POP. DU

La principale source d'information a été la carte générale de la péninsule Arabique, établie en 1971 par J.E. Passeur de la FAO, qui était elle-même fondée sur la carte géologique de la péninsule Arabique préparée par l'U.S. Geological Survey et l'Arabian-American Oil Company en 1963.

## Bibliographie

## CARTES

*Geological map of the Arabian Peninsula*, 1 : 2 000 000. U.S. 1963 Geological Survey and the Arabian-American Oil Company.

*General soil map of Afghanistan* par V. Subramanian. Echelle 1962 1 : 2 000 000.

*General soil map of Ceylon* par C.R. Panabokke. Echelle 1962 1 : 500 000. Land Use Division, Department of Agriculture.

## PUBLICATIONS

ALTAIE, F.H. *The Soils of Iraq*. Gand, Université de l'Etat. 1968 (Thèse) (Polycopié)

ALTAIE, F.H., Sys, C. & STOOBS, G. Soil groups of Iraq, their 1969 classification and characterization. *Pédologie*, 19(1) : 65-148.

BURINGH, P. *Soils and soil conditions in Iraq*. Bagdad, Ministry 1960 of Agriculture.

CANADA-CEYLON COLOMBO PLAN PROJECT. *Report on a reconnaissance survey of the resources of the Walawe Ganga basin*. Colombo, Government Press.

DEVELOPMENT AND RESOURCES CORPORATION. *Kunduz-Khan 1971 Abad irrigation feasibility study, Afghanistan. Final report*. Annexe 1. Rome. FAO/UNDP Project (AFG 68/520).

DEWAN, M.L. & FAMOURI, J. *The soils of Iran*. Rome, FAO. 1964 FAO et Soil Institute of Iran.

FAO. *Report to the Government of Nepal on soil survey investigations and soil analysis*. Rome. FAO/EPTA Report No. 2043.

FAO. *Enquête pédologique et programmes d'irrigation connexes 1968 au Liban. Rapport final*. Rome. Projet FAO/PNUD (LEB/10).

FAO. *Soil resources in West Pakistan and their development 1971 possibilities*. Rome. FAO/UNDP Soil Survey Project, Pakistan (PAK/59/506). Technical Report No. 1.

FAO. *Soil survey and soil and water management research and 1972 demonstration in the Rajasthan canal area. Terminal Report*. Rome. FAO/UNDP Project (IND/65/524).

FAO. *Soil survey, classification and land evaluation*. Rome. 1972 Technical Report No. 1. FAO/UNDP (IRA/66/518). Soil Institute of Iran and Associated Pilot Development Project.

FAO. *Investigation of the sandstone aquifers of east Jordan. 1972 Technical report on soil studies and land classification of the agricultural development areas*. Rome. FAO/UNDP Project (JOR/65/509).

FISHER, W.B. et al. *Soil and land potential survey of the high- 1967 lands of northwest Jordan*. Durham, University of Durham, Department of Geography.

FRASER, I.S. *Report on a reconnaissance survey of the land- 1958 forms, soils and present land use in the Indus plains, Pakistan*. Colombo Plan Cooperative Project. Publié pour le gouvernement du Pakistan par le gouvernement du Canada.

GASANOV, B.I. *Report to the Government of Burma on soil 1971 survey*. Rome. FAO/UNDP. TA Report No. 2944.

GAUSSEN, H. et al. *Carte internationale du tapis végétal, notice 1968 de la feuille*. Kathiawar, Institut français de Pondichéry.

HUNTING TECHNICAL SERVICES LTD. Kerak-Hasa ground- 1968 water irrigation project. Volume 2. *Soils and Agriculture*. Amman, Natural Resources Authority.

HUNTING TECHNICAL SERVICES LTD. & SIR M. MACDONALD 1966 & PARTNERS. *Lower Indus report*. Lahore, WAPDA Printing Press.

INTERNATIONAL ENGINEERING CO. INC. *Report to the Royal 1959 Government of Afghanistan on soils and water resources of southwest Afghanistan*. Vol. 2, *Project Areas*. San Francisco, Californie.

KORLOVSKY, F.I. *Condition actuelle des terres irriguées de la 1969 vallée de l'Euphrate. Rapport au gouvernement de la République syrienne*. Rome. FAO/PNUD Rapport AT n° 2614.

MOORMANN, F.R. *Report to the Government of Jordan on the 1959 soils of east Jordan*. Rome. FAO/ETAP Report No. 1132.

MOORMANN, F.R. & PANABOKKE, C.R. *Soils of Ceylon*, Co- 1961 lombo, Government Press. FAO et Land Use Division, Department of Agriculture.

NIPPON-KOEI. *Report on the soil survey in Birganj-Gandak 1972 irrigation project. Technical Report*. Tokyo. FAO/UNDP Project (NEP/66/507).

OSMAN, A. *Contribution à l'étude des sols du Liban nord*. Gand, 1971 Université de l'Etat. (Thèse) (Polycopié)

PRADHAN, M.L. et al. Various soil survey reports: Morang, 1961 Sunsari, Jhapa, Banke and Dhanukha districts. Nepal, Department of Agriculture, Soil Science Section.

PURNELL, M.F. *Soil and land classification for irrigation of 1971 the Sittang project, Burma*. Rangoon. FAO/UNDP Sittang Valley Development Project (BUR/68/513). (Polycopié)

RAYCHAUDHURI, S.P. et al. *Soils of India*. New Delhi, Indian 1963 Council of Agricultural Research.

RAYCHAUDHURI, S.P. & GOVINDA RAJAN, S.V. Soil genesis and 1971 classification. Chapter 5, *Review of Soil Research in India*.

ROZANOV, B.G. *Explanatory note to the soil map of Burma. 1959 Rangoon, Land Use Bureau*. (Polycopié)

SUBRAMANIAN, V.S., NASIROV, V. & SALEM, Z. General soil 1962 map of Afghanistan. [Report of the] First Soil Correlation Seminar for South and Central Asia, Tashkent, U.S.S.R., 14 September - 2 October 1962, p. 56-59. Rome, FAO. World Soil Resources Report No. 4.

SUBRAMANIAN, V.S. et al. *Survey of land and water resources, 1965 Afghanistan. Final report*. Volume 4, *Soils*. Rome. FAO/UNDP Project (AFG-2).

VAN LIERE, W.J. *Report to the Government of Syria on the 1965 classification and rational utilization of soils*. Rome, FAO. FAO/EPTA Report No. 2075.

VAN WAMBEKE, A. *General reconnaissance soil survey of the 1965 Terai plain between the Sapt Kosi and the Kamala rivers. Technical Report*. Rome. FAO/UNDP Project (NEP/3).

VERHEYE, W. *Formation, classification and land evaluation of 1972 soils in Mediterranean areas, with special reference to the southern Lebanon*. Gand, Université de l'Etat. (Thèse) (Polycopié)

WEST BENGAL. DIRECTORATE OF AGRICULTURE. *Classification, 1965 composition, and description of soil profiles of West Bengal*. West Bengal. Technical Bulletin No. 6.

WEST BENGAL. DIRECTORATE OF AGRICULTURE. *A report on 1966 the soil work in West Bengal*, Vol. 3. West Bengal.

YAHIA, H.M. *Soils and soil conditions in sediments of the Ra- 1971 madi province, Iraq*. Amsterdam, Université d'Amsterdam.

## 4. LE MILIEU

Ce chapitre décrit brièvement les cinq facteurs du milieu les plus importants pour la mise en valeur et l'utilisation des sols: climat, végétation, géomorphologie, géologie et lithologie.

Ces descriptions, assorties chacune d'une carte à petite échelle, localisent et indiquent la nature des grandes régions entre lesquelles on constate d'importantes variations de climat, végétation, paysage et type de roches.

### CLIMAT

#### Facteurs climatiques

Le climat de l'Asie du Sud est créé essentiellement par la situation en latitude et par la circulation générale de l'atmosphère, mais il est modifié par les conditions topographiques et par l'interaction entre les mers et les continents. Les vastes étendues des masses continentales asiatiques influencent très sensiblement le climat. La partie centrale de l'Asie se caractérisant par de grandes différences entre les températures d'été et d'hiver (degré élevé de continentalité), elle forme une vaste zone de hautes pressions en hiver et de basses pressions en été. Ces conditions accentuent le balancement nord-sud des zones de pression planétaires, la zone de convergence intertropicale et la ceinture de hautes pressions subtropicale.

On examinera ici le climat de l'Asie du Sud sous l'angle de la circulation atmosphérique générale (moussons, perturbations méditerranéennes), puis on passera brièvement en revue les éléments de ce climat (précipitations, températures, etc.) pour terminer par une classification du sous-continent sud-asiatique selon les diverses régions climatiques et écologiques.

Le sous-continent sud-asiatique subit l'influence de deux types principaux de circulation atmosphérique: la mousson, dans la moitié orientale, de la Birmanie au Pakistan, et les perturbations méditerranéennes dans la moitié occidentale.

A mesure que, suivant la progression de l'été, la zone de convergence intertropicale se déplace vers le nord, la température au-dessus du continent s'élève,

de sorte que, à la fin de mai, la région où la température de l'air est maximale et la pression atmosphérique minimale se trouve au-dessus du nord-ouest de l'Inde et des régions voisines du Pakistan (Randhawa, 1958). Ce système de basses pressions commande la circulation des courants aériens au-dessus de l'Asie. Les alizés soufflant de l'est changent alors de direction et passent au sud-ouest et à l'ouest, une fois qu'ils ont franchi l'équateur. Après être entrés dans la mer d'Oman et le golfe du Bengale, ils font leur apparition sur les côtes occidentales de l'Inde et la Birmanie sous la forme de *mousson* du sud-ouest. La mousson commence tout au début de l'été à Sri Lanka et dans l'Inde méridionale, puis arrive progressivement dans le nord de l'Inde et au Pakistan. En juin, elle y est solidement établie. La branche de la mousson venant de la mer d'Oman apporte d'abondantes précipitations sur les côtes ouest de l'Inde et de Sri Lanka, lorsqu'elle se heurte à la chaîne des Ghates occidentales, et elle continue son avance vers l'est à travers le sud et le centre de l'Inde, en n'y donnant que des pluies modérées. La branche venant du golfe du Bengale entraîne de fortes précipitations sur la région côtière de la Birmanie et les régions du nord-est de l'Inde. Elle est ensuite infléchie par la chaîne des Arakan Yoma et se déplace en direction du nord-ouest le long des montagnes de l'Himalaya. Elle rencontre la branche venant de la mer d'Oman au nord de la zone de basse pression et continue son avance vers l'ouest, parfois jusqu'à Kaboul et Quetta, produisant d'abondantes précipitations dans la zone qui s'étend le long des montagnes de l'Himalaya. Par contre, la mousson n'apporte que peu de pluies dans le sud de la péninsule Arabique et le sud de l'Iran.

La mousson ne se comporte pas comme un phénomène stable. Les courants subissent des variations d'intensité en fonction d'une série de dépressions venant de l'est et prenant leur origine ou se creusant au-dessus de la partie nord du golfe du Bengale, et se déplaçant en direction ouest-nord-ouest à travers le nord et le centre de l'Inde. Ces dépressions, qui surviennent à raison de trois ou quatre par mois au cours de la saison de la mousson, détournent les courants humides vers les

TABLEAU 2. — LÉGENDE DE LA CARTE CLIMATIQUE DE L'ASIE DU SUD

Chiffre de la carte	Climat	Régimes de température	Régimes d'humidité	Principales localisations
1.1	Equatorial humide semi-chaud	Eq	HU Hu	Ghates occidentales, Inde; ouest de Sri Lanka, sud de la Birmanie
1.2	Tropical humide semi-chaud	Tr	HU Hu	Sud du Bangladesh
1.3	Tropical sec semi-chaud	Eq Tr	MO (indice d'humidité entre 0,44 et 1)	Sri Lanka
1.4	Tropical chaud	EQ TR	MO Mo	Sud-ouest et sud-est de l'Inde; sud et centre de la Birmanie
1.5	Tropical semi-aride	EQ Eq TR Tr	mo	Sud de l'Inde
1.7	Humid tierra templada (Tropical frais et humide)	Tt tt	MO	Sud de l'Inde; centre de Sri Lanka
1.8	Dry tierra templada (Tropical frais et sec)	Tt tt	Mo mo	Centre de la République arabe du Yémen
1.9	Tropical chaud à hiver frais	tr	HU Hu MO Mo mo	Inde; Bangladesh
2	Tierra fría	TF Tf tf An an aP ap aF	HU Hu MO Mo mo	Région sub-himalayenne; sud-ouest de l'Arabie Saoudite; centre de la République arabe du Yémen; région de montagne de Sri Lanka
3.1	Désertique tropical chaud	EQ TR tr	da de di do	Sud de l'Arabie Saoudite; sud des Emirats arabes unis; Oman; côte sud du Yémen démocratique; côte ouest de la République arabe du Yémen; côte sud de l'Iran
3.2	Désertique subtropical chaud	Ts SU	da de di do	Arabie Saoudite; nord des Emirats arabes unis; Irak; Jordanie; sud de la Syrie; sud de l'Iran; sud de l'Afghanistan; centre du Pakistan
3.7	Désertique continental	CO Co co te	da de di do	Iran; nord de l'Afghanistan
4.1	Subtropical humide	SU Su	HU Hu	Côte de la Caspienne
4.2	Subtropical de mousson	SU Su	MO Mo mo	Nord de l'Inde; nord et sud du Pakistan
4.3	Semi-tropical chaud	Ts	MO Mo mo	Centre de l'Inde
4.4	Semi-tropical semi-chaud	Ts	MO Mo mo	Nord de la Birmanie
4.5	Subtropical semi-méditerranéen	SU	Mo	Nord du Pakistan
6.1	Méditerranéen subtropical	SU Su	ME Me	Côte méditerranéenne
6.5	Méditerranéen tempéré	TE	ME Me	Ouest de la Syrie; Liban
6.6	Méditerranéen tempéré froid	Te te Po Pa pa	ME Me	Nord de l'Iran
6.7	Méditerranéen continental	CO Co co	ME Me	Iran; Afghanistan
6.8	Méditerranéen subtropical semi-aride	SU Su Tr tr MA	me	Israël; nord-ouest de la Jordanie; nord de la Syrie; nord de l'Irak; ouest de l'Iran
6.9	Méditerranéen continental semi-aride	CO Co co TE Te te	me	Ouest et nord de l'Iran
8.3	Continental froid	co	HU Hu MO	Montagnes de l'Elbourz, Iran
9.1	Steppique chaud	CO	St	Nord du Pakistan
9.8	Continental de mousson	CO Co co	Mo mo	Région de l'Himalaya
10.5	Alpin	Al al	HU Hu	Région de l'Himalaya

SOURCE: Papadakis, 1966.

## LÉGENDE DES RÉGIMES DE TEMPÉRATURE

Régimes de température	Type d'hiver	Type d'été
<b>Equatorial</b>		
EQ (équatorial chaud)	Ec	G
Eq (équatorial semi-chaud)	Ec	g
<b>Tropical</b>		
TR (tropical chaud)	Tp	G
Tr (tropical semi-chaud)	Tp	g
tR (tropical chaud à hiver frais)	tP	G g
tr (tropical frais)	tp	O g
<b>Tierra templada</b>		
Tt (tierra templada)	Tp tP tp	c
tt (tierra templada frais)	tp	T
<b>Tierra fría</b>		
TF (tierra fría, basse altitude)	Ct ou plus froid	g
Tf (tierra fría, altitude moyenne)	Ci ou plus froid	O M
tf (tierra fría, haute altitude)	Ci ou plus froid	T t
<b>Andin</b> <sup>1</sup>		
An (andin, basse altitude)	Ti ou plus doux	A
an (andin, haute altitude)	Ti ou plus doux	a
aP (andin, taïga)	Ti ou plus doux	P
ap (andin, toundra)	Ti ou plus doux	p
aF (andin, désertique sub-glaciaire)	Ti ou plus doux	F
<b>Subtropical</b>		
Ts (semi-tropical)	Ct	G f
SU (subtropical chaud)	Ci Av	G
Su (subtropical semi-chaud)	Ci	g
<b>Marin</b>		
MA (marin chaud)	Ci	O M
<b>Tempéré</b>		
TE (tempéré, chaud)	av Av	M
Te (tempéré, frais)	ti Ti	T
te (tempéré, froid)	ti Ti	t
<b>Régime de pampa et patagonien</b> <sup>1</sup>		
Pa (patagonien)	Tv av Av	t
pa (patagonien, froid)	Ti av	P
<b>Continental</b>		
CO (continental, chaud)	Av ou plus froid	g G
Co (continental, semi-chaud)	Ti ou plus froid	M O
co (continental, froid)	pr Pr	t
<b>Polaire</b>		
Po (taïga)	ti ou plus froid	P
<b>Alpin</b>		
Al (basse altitude)	Pr ti Ti	A
al (haute altitude)	Pr ti Ti	a

<sup>1</sup> «andin» et «pampa et patagonien» se réfèrent aux Andes, aux pampas et à la Patagonie, et non aux parties de l'Asie du Sud connues localement sous ces noms.

## LÉGENDE DES SYMBOLES CLIMATIQUES

Types d'hiver<sup>1</sup>

- Ec Suffisamment chaud pour des cultures équatoriales (hévéa, cocotier)  
 Tp Plus froid, mais sans gelée; trop chaud pour des plantes cryophiles (blé)  
 tP *Idem*, mais le blé n'est pas entièrement exclu  
 tp *Idem*, mais suffisamment frais pour de nombreuses plantes cryophiles  
 Ct Possibilité de gel, mais suffisamment doux pour des agrumes; marginal pour des plantes cryophiles  
 Ci *Idem*, mais suffisamment frais pour des plantes cryophiles  
 Av Plus froid, mais suffisamment doux pour l'avoine d'hiver  
 av *Idem*, mais les jours d'hiver sont plus frais  
 Tv Plus froid, mais suffisamment doux pour le blé d'hiver  
 Ti Plus froid, mais suffisamment doux pour le blé d'hiver  
 ti Plus froid, mais suffisamment doux pour le blé d'hiver  
 Pr Trop froid pour le blé d'hiver; toutes les cultures semées au printemps  
 pr Trop froid pour le blé d'hiver; toutes les cultures semées au printemps

Types d'été<sup>1</sup>

- G Suffisamment chaud pour le coton; jours d'été très chauds  
 g *Idem*, mais les jours d'été sont moins chauds  
 c Suffisamment chaud pour le maïs et le coton; les jours d'été ne sont pas très chauds, les nuits sont fraîches, exemptes de gelée pendant toute l'année  
 O Plus frais, mais suffisamment chaud pour le riz  
 M Plus frais, mais suffisamment chaud pour le maïs  
 T Plus frais, mais suffisamment chaud pour le blé  
 t *Idem*, mais la saison exempte de gelée est plus courte  
 P Plus frais, mais suffisamment chaud pour la forêt  
 p Insuffisamment chaud pour la forêt et la prairie, mais suffisamment chaud pour la toundra  
 A Davantage de possibilités de gel, mais suffisamment chaud pour la prairie  
 a *Idem*, mais gelées tous les mois  
 F Insuffisamment chaud pour la toundra, mais sans couverture de neige ou de glace permanente  
 f Couverture de neige ou de glace permanente

Régimes d'humidité<sup>1</sup>

- HU Humide en permanence  
 Hu Humide  
 ME Méditerranéen humide  
 Me Méditerranéen sec  
 me Méditerranéen semi-aride  
 MO Régime de mousson, humide  
 Mo Régime de mousson, sec  
 mo Régime de mousson, semi-aride  
 St Steppique  
 Si Isohydrique semi-aride  
 da Désertique absolu  
 de Désertique méditerranéen  
 di Désertique isohydrique  
 do Désertique de mousson

<sup>1</sup> Les définitions météorologiques sont celles données par Papadakis, 1966.

régions du centre et du nord-ouest de l'Inde, ce qui permet une répartition plus équitable des précipitations sur l'ensemble du pays. Certaines années, leur fréquence est moindre; les pluies sont alors limitées aux massifs montagneux tandis que les plaines du nord et du centre de l'Inde souffrent de la sécheresse. Toutefois, la région du Rajputana en Inde, ainsi que le sud du Pendjab et le Sind, au Pakistan, restent en dehors du parcours de la mousson et sont peu arrosés.

Vers la mi-septembre, la mousson du sud-ouest disparaît rapidement de toutes ces zones. Elle se transforme alors graduellement en un courant aérien de nord-est qui, vers le mois de janvier, atteint toute sa force sur le sous-continent indien et les régions voisines. Ce régime, appelé « mousson de nord-est », est associé à un temps pluvieux sur les parties sud-est et sud de l'Inde, de novembre à janvier. Il apporte quelques pluies dans le nord de l'Inde, le nord-ouest du Pakistan, et l'est de l'Afghanistan.

Pendant les périodes de transition (avril à juin et octobre à décembre) il se forme habituellement, sur le golfe du Bengale et sur la mer d'Oman, des cyclones extrêmement violents qui pénètrent à l'intérieur des terres et y occasionnent de fortes pluies ainsi que des dégâts considérables dus à l'impétuosité des vents et, parfois, aux raz-de-marée dans les régions côtières. Il se produit en moyenne un ou deux grands cyclones dans la période précédant la mousson, et deux ou trois dans celle qui la suit. Ce sont les zones côtières du Bangladesh et du Bengale occidental qui sont le plus sévèrement atteintes. Les vents du nord-est apportent aussi d'abondantes pluies à Sri Lanka.

Les montagnes de l'Himalaya jouent un rôle très important dans le climat du sous-continent indien, arrêtant les vents froids venant du nord ainsi que les vents de mousson venant du sud. En été, elles influent sur la formation de zones dépressionnaires au-dessus du nord-ouest de l'Inde et, en arrêtant les vents du nord, elles permettent à la mousson d'atteindre des latitudes plus septentrionales. Elles conditionnent aussi puissamment la répartition des précipitations.

Au cours de l'hiver, les *perturbations méditerranéennes* commencent à affecter les régions situées à l'ouest de l'Inde en présentant une configuration de circulation qui est cellulaire plutôt que zonale, à la fois en surface et en altitude. La circulation en surface est commandée pendant de longues périodes par le système des hautes pressions asiatiques et régie par des vents de nord-est (Wallen et de Brichambaut, 1962). Il arrive cependant fréquemment que des dépressions, formées sur la branche méditerranéenne du front polaire des vents d'ouest des latitudes moyennes, pénètrent dans ces régions, en direction

de l'est, arrêtant les vents du nord-est de la mousson d'hiver. En conséquence, la circulation d'hiver dans la zone située à l'ouest de l'Inde peut être décrite comme une interaction entre les dépressions se déplaçant vers l'est et les courants d'ouest provenant de la Méditerranée, d'une part, et le blocage plus ou moins prononcé de ces vents d'ouest par les hautes pressions du système asiatique qui s'étend au-dessus du Tibet et de l'Asie centrale (Adle, 1960).

Les dépressions se forment au-dessus de l'Atlantique ou de certaines régions favorables de la Méditerranée. Elles sont responsables de la quasi-totalité des précipitations dans la zone du Proche-Orient, et d'une partie des pluies d'hiver dans les régions du nord-ouest du Pakistan et de l'Inde. Les dépressions provenant de la Méditerranée en direction du Proche-Orient se déplacent, de préférence, soit à travers la Syrie, au sud des montagnes turques et le nord du Liban, soit le long de la côte égyptienne, par le Sinaï, en direction du sud de l'Irak. Chaque année, trente à quarante dépressions pénètrent ainsi jusqu'en Irak, et vingt à vingt-cinq atteignent la frontière entre l'Iran et le Pakistan.

L'Iran est dominé par la circulation de la mousson du nord-est en hiver, d'où une saison humide stable sur les pentes nord de la chaîne de l'Elbourz, où les courants du nord-est sont soulevés par le relief. Par contre, du côté sud de cette chaîne, sur le plateau aride et semi-aride iranien, il est rare que ces courants du nord-est occasionnent des pluies. Les précipitations sur la chaîne du Zagros, l'Azerbaïdjan et le plateau iranien relèvent exclusivement des dépressions méditerranéennes qui pénètrent dans ces régions pendant les périodes de l'hiver où l'effet de blocage du système des hautes pressions asiatiques est peu actif.

Avec l'approche du printemps, la branche subtropicale au-dessus de la région de la Méditerranée se déplace vers le nord avec la branche du front polaire. La fréquence des dépressions diminue, mais celles-ci ont néanmoins une grande importance, car c'est la zone bordant le sud des montagnes de Turquie qui en bénéficie. Dans la région de l'Azerbaïdjan (au nord-ouest de l'Iran), les précipitations les plus fortes se produisent en avril et mai. Même sur le haut plateau, les pluies de printemps sont tout à fait courantes.

La circulation d'été sur le Proche-Orient est d'une grande régularité. Le mouvement progressif de la zone de convergence intertropicale vers le nord et le réchauffement du continent asiatique créent un système dépressionnaire étendu dont le centre se situe au-dessus des déserts sans pluies du Pakistan. La circulation en surface dans le Proche-Orient est donc dominée par des courants de nord-ouest à nord, circulant entre le système des hautes pressions sub-



tropicales situé au-dessus de la Méditerranée, d'une part, et le système de basses pressions s'étendant de la péninsule Arabique au Pakistan, d'autre part. Les masses d'air transportées par ces vents sont très sèches, chaudes et stables. Elles n'apportent généralement pas de précipitations. Ce n'est que sur la côte méditerranéenne que l'on constate une humidité relative élevée dans ces masses d'air, du fait de leur passage au-dessus de la mer. Une fois qu'elles ont traversé les montagnes du Proche-Orient où elles donnent quelques pluies, elles sont de nouveau extrêmement sèches. En été, au-dessus de toute cette zone, la circulation de l'air dans la haute atmosphère est dominée par des courants d'ouest, au sud de la branche subtropicale.

D'une manière générale, les précipitations diminuent d'ouest en est, depuis la côte méditerranéenne jusqu'au Pakistan, et augmentent avec l'altitude en Iran. La diminution vers l'est est en relation avec l'accentuation de la continentalité. Cependant, la pluviométrie de la région Kirkuk-Mossoul des plaines irakiennes est supérieure à ce que l'on pourrait y attendre de l'influence continentale. Ceci tient peut-être aux dépressions qui se déplacent en suivant la bordure sud des montagnes de Turquie.

Dans le sous-continent indien, les zones de fortes précipitations se situent dans le nord-est et sur les côtes occidentales de l'Inde et de Sri Lanka, ainsi que sur le littoral de Birmanie. L'étroite bande qui se trouve immédiatement au sud des montagnes de l'Himalaya reçoit également des quantités considé-

rables de pluie. D'une manière générale, les précipitations diminuent d'est en ouest et du nord au sud, de sorte que le nord-ouest de l'Inde et la majeure partie du Pakistan sont très peu arrosés.

La variabilité interannuelle augmente avec la diminution des précipitations, comme il arrive habituellement. Cette variabilité est faible sur la côte méditerranéenne, les pentes de l'Elbourz et la chaîne du Zagros. Il en est de même au Proche-Orient, pour les stations situées sur le versant occidental des montagnes, en raison de la régularité des vents d'ouest. La régularité des pluies est aussi fonction du degré d'influence marine et de l'altitude. La variabilité la plus élevée est observée dans les zones de transition entre les régions arides et semi-arides du Proche-Orient (200 à 300 mm de précipitations).

En Inde et au Pakistan, la variabilité des pluies de la mousson d'été est très grande; elle est évaluée à environ 20 pour cent dans les zones recevant plus de 1 000 mm de précipitations normales de mousson, et à 50 pour cent dans celles recevant moins de 500 mm. Ces variations considérables entraînent souvent des inondations ou des périodes de sécheresse (Randhawa, 1958).

Orages, chutes de grêle et tempêtes de sable surviennent principalement au début et à la fin de la mousson d'été, et sont probablement liés au déplacement du front intertropical; leurs conséquences sont parfois des plus désastreuses pour l'agriculture. C'est ainsi que des dégâts sont fréquemment causés aux récoltes de fruits par des orages de grêle au

TABLEAU 3. — CARACTÉRISTIQUES CLIMATIQUES DE QUELQUES STATIONS REPRÉSENTATIVES DES DIVERSES RÉGIONS ÉCOLOGIQUES

Climat	Station	Evapo-transpiration potentielle annuelle	Indice d'humidité	Pluies lessivantes	Saison humide <sup>1</sup>	Saison sèche <sup>1</sup>	Type d'hiver	Type d'été	Régime de température	Régime d'humidité
		mm		mm						
1.14	Bombay, Inde .....	1 190	1,56	1 440	6-9	12-5	Ec	g	Eq	MO
1.12	Colombo, Sri Lanka .....	940	2,51	1 430	3-12	0	Ec	g	Eq	Hu
1.24	Akyah, Birmanie .....	990	5,41	4 610	5-11	1-4	Tp	g	Tr	MO
1.42	Bangalore, Inde .....	1 560	0,56	170	7-10	1-4	Tp	G	TR	Mo
1.53	Hyderabad, Inde .....	2 050	0,37	130	7-9	11-5	Tp	G	TR	mo
2.13	Katmandou, Népal .....	1 200	1,19	750	6-9	11-4	Ci	c	TF	MO
2.41	Nuwara Eliya, Sri Lanka .....	680	3,36	1 680	3-1	0	Ci	T	tf	Hu
3.12	Mascate, Oman .....	1 410	0,07	0	0	2-1	Ec	G	EQ	do
3.21	Riyadh, Arabie Saoudite .....	2 750	0,03	0	0	3-2	Ct	G	Ts	da
3.22	Hyderabad, Pakistan .....	2 550	0,07	0	0	8-7	Ct	G	Ts	do
3.23	Bagdad, Irak .....	2 690	0,05	0	0	2-1	Ci	G	SU	da
4.32	Agra, Inde .....	2 410	0,28	180	7-8	10-6	Ct	G	Ts	Mo
4.43	Lashio, Birmanie .....	1 210	1,31	870	5-10	1-4	Ct	g	Ts	MO
6.15	Beyrouth, Liban .....	980	0,90	470	11-3	6-9	Ci	g	Su	ME
6.78	Kaboul, Afghanistan .....	1 370	0,25	90	1-4	6-12	Ti	M	Co	Me
6.87	Mossoul, Irak .....	2 320	0,17	60	12-2	5-11	Av	G	SU	me

SOURCE: Papadakis, 1961.

<sup>1</sup> Mois du début et de la fin inclus; 1 = janvier, 12 = décembre; 0 indique que cette saison n'existe pas.

Cachemire, dans l'Etat indien d'Himachal Pradesh et dans les régions nord-ouest du Pakistan (Randhawa, 1958).

Les températures minimales moyennes d'hiver sont importantes pour les cultures d'hiver. On considérera comme période de gel le nombre de jours où la température minimale est inférieure à 0°C (Wallen et de Brichambaut, 1962). En Iran, dans les montagnes et la région de l'Azerbaïdjan, cette période s'étend sur trois à quatre mois, de la mi-novembre à la mi-mars. Sur le reste du haut plateau, elle est de deux à trois mois (décembre et janvier). Durant les périodes où la température moyenne minimale est comprise entre 0°C et + 3°C, il y a de fréquents jours de gel, mais pas de périodes de gel continu. De telles conditions se manifestent pendant deux mois environ dans les parties arides et semi-arides de la Jordanie et de la Syrie, de même que dans la partie la plus septentrionale de l'Irak et dans une bande s'étendant le long des pentes ouest de la chaîne du Zagros.

Les perturbations venant de la Méditerranée ont un front chaud et sont suivies d'une invasion d'air froid. A mesure que le front chaud se déplace vers l'est en direction de l'Inde, il est suivi d'une vague d'air à basse température due à des vents secs et froids d'est et de nord-est. Il gèle ainsi par intermittence de la mi-novembre à la mi-février, dans les parties septentrionales du Pakistan et le nord-ouest de l'Inde.

On constate des températures élevées dans les terres de basse altitude de l'Irak, sur les plateaux du Khuzistan et de l'Iran, ainsi que sur la plus grande partie du Pakistan et de l'Inde.

### Régions climatiques

Les régions climatiques de l'Asie du Sud sont représentées à la figure 1. Les critères climatiques retenus: rigueur de l'hiver, durée de la saison exempte de gelées, des saisons humide et sèche et évapotranspiration potentielle, sont en relation étroite avec les exigences des cultures et leur répartition, d'où l'importance des régions climatiques pour l'agriculture (Papadakis 1961, 1966).

Chaque région figurée sur la carte porte deux chiffres qui indiquent le climat. Les principales caractéristiques climatiques et la localisation des zones écologiques sont présentées dans le tableau 2 et la légende correspondante. Les données climatiques pour quelques stations représentatives apparaissent au tableau 3.

Dans le tableau des associations pédologiques (chapitre 5), on a précisé, pour chaque unité cartographique, le type de climat caractérisé dans le tableau 2 et la figure 1.

## VÉGÉTATION

### Les grands types de végétation

La couverture végétale de l'Asie du Sud peut se diviser en 14 grandes régions, qui ont été à leur tour subdivisées en 34 sous-régions (figure 2, fondée sur la carte établie par J. Schmithüsen<sup>1</sup>). Ces régions ont été déterminées en se basant sur la zone d'extension (soit climatique, soit édaphique), la physionomie et la structure de la végétation. Dans de nombreuses régions — entre autres le centre de l'Inde, le Pakistan, l'Afghanistan et plusieurs zones du Proche-Orient — la couverture végétale naturelle a été sérieusement dégradée du fait des activités humaines, quand elle n'a pas complètement disparu. La répartition en régions définie ci-dessous ne pourra donc donner, sur la couverture végétale naturelle, que les idées générales nécessaires à l'étude des sols.

Ces régions sont les suivantes:

1. Forêt tropicale humide sempervirente
  - a. Forêt tropicale humide
  - b. Forêt tropicale humide sempervirente
2. Forêt tropicale décidue
  - a. Forêt tropicale décidue
  - b. Forêt tropicale semi-sempervirente
3. Forêt de montagne subtropicale
  - a. Forêt de montagne subtropicale de l'est de l'Himalaya et de la Birmanie
  - b. Forêt de montagne subtropicale du centre et de l'ouest de l'Himalaya
4. Forêt tropicale sèche
  - a. Forêt tropicale sèche du sud-ouest de l'Inde
  - b. Forêt tropicale sèche du centre de l'Inde
  - c. Forêt tropicale sèche de Sri Lanka
5. Forêt de chênes verts méditerranéenne
  - a. Forêt de chênes verts méditerranéenne humide
  - b. Forêt de chênes verts méditerranéenne subhumide
6. Forêt de montagne tempérée
  - a. Forêt tempérée humide de l'est de l'Himalaya
  - b. Forêt tempérée humide de l'ouest de l'Himalaya
  - c. Forêt tempérée humide de l'Iran
  - d. Forêt tempérée froide
  - e. Forêt tempérée froide de chênes et de genévriers
  - f. Forêt tempérée froide de chênes
  - g. Forêt tempérée sèche de piedmont
7. Buissons et prairies subalpins et alpins
  - a. Formations humides alpines et subalpines
  - b. Buissons et prairies subalpins sous conditions sèches
8. Savane et forêt claire tropicales et subtropicales
  - a. Savane buissonneuse et forêt claire subtropicales
  - b. Forêt claire tropicale
  - c. Savane boisée subtropicale

<sup>1</sup> J. Schmithüsen est chargé de cours à l'Institut géographique de l'université de la Sarre, Sarrebruck.

9. Pseudo-steppe et forêt claire méditerranéennes
10. Steppe tempérée et méditerranéenne
  - a. Steppe arborée et forêt claire tempérées
  - b. Steppe arborée tempérée à genévriers
  - c. Steppe de montagne tempérée
  - d. Steppe méditerranéenne d'altitude
11. Formations semi-désertiques
  - a. Formations semi-désertiques subtropicales
  - b. Formations semi-désertiques méditerranéennes
  - c. Formations semi-désertiques tempérées
12. Formations désertiques
  - a. Formations à prédominance d'éphémérophytes
  - b. Ephémérophytes clairsemés ou absence de végétation
13. Mangroves
14. Marais salants
  - a. Marais salants côtiers
  - b. Marais salants intérieurs

## 1. FORÊT TROPICALE HUMIDE SEMPERVIRENTE

### 1a. Forêt tropicale humide

Ce type de forêt comprend des forêts sempervirentes et semi-sempervirentes, qui s'étendent sur le Sikkim, les contreforts des chaînes orientales sous-himalayennes, le Haut-Assam, le Cachor, les hautes vallées du Brahmapoutre et de la Surma, les Ghates occidentales et une grande partie de la Birmanie (Randhawa, 1958). Ces forêts, denses et à plusieurs strates, couvrent les pentes jusqu'à une altitude d'environ 1 700 m. Les principales espèces tropicales sempervirentes sont: *Michelia champaca*, *Schima wallichii*, *Artocarpus chaplasha*, *Dillenia indica*, *Talauma hodgsoni* et *Terminalia* spp. Aux altitudes inférieures, on trouve diverses espèces de magnolias et *Michelia champaca*, tandis que, plus haut, on rencontre *Castanopsis indica*, *Alnus nepalensis* et *Bucklandia populnea*. Au Bengale, dans la région de l'Assam en Inde et dans l'est du Népal, la forêt tropicale sempervirente a été le plus souvent remplacée par des forêts de sal (*Shorea robusta*) de type humide hétérogène.

Le long de la partie orientale de l'Himalaya et dans les hautes vallées du Brahmapoutre et de la Surma croissent des forêts tropicales semi-sempervirentes, avec des arbres appartenant aux familles des méliacées, lauracées, myristicées et magnoliacées. Sur les pentes inférieures, les principaux genres sont: *Dipterocarpus*, *Artocarpus*, *Shorea*, *Cinnamomum*, *Dysoxylum*, *Altingia* et *Mesua*. On y trouve aussi des espèces du genre *Quercus*. Au nord du Bengale, la principale association est représentée par *Schima-Bauhinia* avec des genres tels que *Toona*, *Stereospermum*, *Ailanthus*, *Castanopsis*, *Tetrameles*.

Dans les Ghates occidentales, les principales espèces des forêts sempervirentes sont: *Dipterocarpus*

*indicus*, *Hopea parviflora*, *H. wightiana*, *Calophyllum tomentosum*, *Cullenia rosayroana*, *Palaquium ellipticum*, *Dysoxylum malabaricum*, *Syzygium cumini* et *Actinodaphne angustifolia*. Parmi les arbustes de fourré, le genre *Strobilanthes* est important.

### 1b. Forêt tropicale humide sempervirente

Cette forêt, qui couvre le quart sud-ouest de Sri Lanka, s'étend depuis les plaines jusqu'à environ 900 m d'altitude (Gaussen *et al.*, 1968). Les deux associations ou séries de végétation sont *Doona-Dipterocarpus-Mesua* et *Filicium-Euphoria-Artocarpus-Myristica*. Cette forêt sempervirente est à plusieurs strates et extrêmement dense.

A son développement maximal, la première série représente le meilleur type de forêt de Sri Lanka, avec un rendement élevé en bois d'œuvre. Elle se subdivise en haute futaie sempervirente, basse futaie sempervirente, haut taillis, taillis discontinu et lande à fougères. La forêt de haute futaie comporte un étage principal dense de 22 à 27 m de haut, avec de-ci de-là quelques arbres géants atteignant 30 à 45 m. Dans les zones les mieux développées et les plus protégées, les arbres sont assez denses pour former une strate complètement fermée, tandis que le sous-bois est maigre. Dans la forêt de basse futaie, la strate principale est inégale, avec une hauteur de 9 à 18 m, et les grands arbres sont rares. Les formations de taillis apparaissent lorsque des zones de culture itinérante sont laissées ensuite en jachère pendant de longues périodes, ou lorsque les forêts entourées par ces zones sont surexploitées. Les landes à fougères se forment dans les zones qui ont été abandonnées après de longues années de culture.

La deuxième série de végétation est une transition vers la forêt décidue et consiste en forêts de haute futaie sempervirentes et forêts semi-décidues, en taillis et en formations de savanes plus ou moins boisées. Dans ces dernières, le tapis de graminées atteint environ 1 m de hauteur.

## 2. FORÊT TROPICALE DÉCIDUE

### 2a. Forêt tropicale décidue

Cette forêt décidue humide se rencontre en Inde, le long des Ghates occidentales, dans le nord de l'Uttar Pradesh, du Bihar et de l'Assam et, également, dans certaines parties du centre de la Birmanie (Randhawa, 1958). Les arbres prédominants sont *Madhuca latifolia*, *Mangifera indica*, *Michelia champaca*, *Polyalthia longifolia* et *Salmalia malabarica*. Dans les Ghates occidentales, on trouve des arbres tels que *Tectona grandis*, *Dalbergia latifolia* et *Grewia leptopetala*.

## 2b. Forêt tropicale semi-sempervirente

Alors que la strate supérieure de cette forêt est clairsemée et discontinue, la strate inférieure est dense et continue. La série de végétation est *Chloroxylon-Berria-Vitex-Schleichera* (Gaussen *et al.*, 1968). Les principales formations se répartissent en forêts décidues et semi-décidues. La forêt décidue se compose d'une strate principale dense semi-décidue ou semi-sempervirente atteignant une hauteur de 18 m, et d'une strate moins serrée d'arbres pour la plupart décidus, de 25 m. La forêt semi-décidue se forme après l'enlèvement des grands arbres décidus, de haute valeur. Ce type de forêt donne de bons rendements en bois d'œuvre. Les plantations de teck réussissent bien sur les meilleurs sols.

## 3. FORÊT DE MONTAGNE SUBTROPICALE

### 3a. Forêt de montagne subtropicale de l'est de l'Himalaya et de la Birmanie

Sur les pentes inférieures de l'Himalaya, au Bengale et dans l'Assam, il existe une forêt de montagne subtropicale constituée principalement d'espèces sempervirentes d'arbres de grande taille (Randhawa, 1958). Aux altitudes comprises entre 1 700 et 2 700 m, les arbres caractéristiques sont *Michelia nilagirica*, *Ternstroemia japonica*, *Eurya japonica*, *Gordonia obtusa* et *Meliosma wightii*. Aux altitudes inférieures, on trouve les genres *Mesua*, *Vitex* et *Artocarpus*. Les sous-bois de fougères sont très denses et l'on rencontre aussi quelques espèces tempérées.

Sont également comprises dans cette catégorie les forêts de bouleaux et de chênes de Birmanie et de l'Assam.

### 3b. Forêt de montagne subtropicale du centre et de l'ouest de l'Himalaya

Des forêts denses et claires avec *Anogeissus latifolia* et *Shorea robusta* commencent à 500 m d'altitude (Randhawa, 1958; Unesco/FAO, 1969). On trouve ensuite des forêts sempervirentes sclérophylles, avec *Olea cuspidata* comme espèce caractéristique, et des formations dégradées. De 800 à 1 800 m d'altitude, la forêt est constituée de peuplements clairs de *Pinus longifolia* (*P. Roxburghii*), avec ou sans couverture sempervirente de sous-bois.

## 4. FORÊT TROPICALE SÈCHE

### 4a. Forêt tropicale sèche du sud-ouest de l'Inde

Cette forêt occupe une étroite bande de la zone soumise à la brise de mer humide (Randhawa, 1958) et se caractérise par un type de végétation sèche sempervirente, basse et rabougrie, mais dense, d'espèces

épineuses à petites feuilles. Les principaux arbrisseaux sont *Chloroxylon swietenia*, *Diospyros ebenum*, *D. melanoxylon*, *Strychnos nux-vomica* et *Mimusops elengi*. Les principaux arbustes sont *Randia*, *Canthium* et *Zizyphus*.

### 4b. Forêt tropicale sèche du centre de l'Inde

Cette forêt est du type décidu hétérogène humide et sec et occupe des parties de l'ouest du Madhya Pradesh, de l'est du Maharashtra et de l'Andhra Pradesh. Elle se compose surtout d'arbres de petite taille et d'arbustes mélangés à une végétation herbacée qui reste sans feuilles ou desséchée pendant la saison sèche (Randhawa, 1958). Le teck se rencontre par intervalles dans toute cette zone, sauf au sud. Les arbres les plus communs sont *Capparis diversifolia*, *Acacia arabica*, *Prosopis spicigera*, *Parkinsonia aculeata* et *Balanites aegyptiaca*. Les espèces importantes sont *Chloroxylon swietenia*, *Pterocarpus santalinus* et *Toona ciliata*.

### 4c. Forêt tropicale sèche de Sri Lanka

Cette forêt, qui occupe le quart nord-ouest et la partie sud-est de Sri Lanka, croît à des altitudes inférieures à 300 m. La série de végétation est *Manilkara-Chloroxylon* dont les meilleurs peuplements forment une forêt dense de hauteur moyenne (9 à 18 m) (Gaussen *et al.*, 1968). Du fait de sa surexploitation ou de la pratique de la culture itinérante, elle se dégrade en un taillis dense de 5 à 6 m de haut. La savane arbustive se développe dans les zones où la culture permanente a été abandonnée, et où les incendies entravent l'établissement d'espèces ligneuses. Ce type de forêt produit surtout du bois de feu et du bois d'œuvre de petites dimensions. Les services forestiers replantent actuellement des espèces résistant à la sécheresse (*Eucalyptus* et *Gmelina arborea*).

## 5. FORÊT DE CHÊNES VERTS MÉDITERRANÉENNE

### 5a. Forêt de chênes verts méditerranéenne humide

On la rencontre dans le « Croissant fertile »<sup>2</sup>. Des forêts et des forêts dégradées, avec *Quercus persica*, se trouvent dans le sud et sur toutes les montagnes du Zagros, *Quercus infectoria* au nord, *Quercus libani* dans le nord-est avec, en plus, *Pistacia mutica*, *Pinus syriaca*, *Fraxinus syriaca*, *Amygdalus*, *Hordeum bulbosum*, *Poa bulbosa*, *Aegilops* et quelques *Stipa* et *Agropyrum*. En Afghanistan, il s'agit de forêts claires de *Quercus ballota* (Unesco/FAO, 1969).

<sup>2</sup> Régions de basses terres dans le nord de l'Irak, l'ouest de la Syrie et le Liban.

5b. *Forêt de chênes verts méditerranéenne subhumide*

Sur la côte iranienne de la Caspienne, on trouve des forêts où domine *Quercus castaneaefolia*; les autres espèces sont *Parrotia persica*, *Gleditschia caspica*, *Zelkova crenata* et *Albizia julibrissin*. Dans la partie iranienne de l'Azerbaïdjan, croissent trois espèces de chênes. Rentrant également dans cette catégorie des forêts dégradées avec une végétation d'*Opilismenus-Setaria* (Unesco/FAO, 1969).

## 6. FORÊT DE MONTAGNE TEMPÉRÉE

6a. *Forêt tempérée humide de l'est de l'Himalaya*

Ce type de forêt occupe, aux altitudes comprises entre 2 000 et 3 000 m, les régions du Sikkim, du Bhoutan, la zone frontalière de Balipara et les chaînes de collines qui lui sont associées (Randhawa, 1958). C'est surtout l'altitude qui détermine le type de végétation. Entre 2 000 et 2 300 m, on trouve des peuplements de lauriers avec *Machilus*, *Beilschmiedia*, *Cinnamomum*, *Litsaea*, *Michelia* et *Magnolia*; entre 2 300 et 2 700 m, une forêt de hêtres et de chênes consistant en *Quercus lamellosa*, *Acer campbellii* et *Castanopsis*, et entre 2 700 et 3 000 m, une forêt de chênes de haute altitude, avec *Quercus pachyphylla* mélangé à des espèces de l'association hêtres-chênes.

Au Népal, les forêts tempérées se situent à l'altitude de 2 700 m. Les principales espèces sont *Quercus lineata*, *Pasania pachyphylla*, *Acer*, *Magnolia*, *Betula* et *Taxus*. Les fougères sont abondantes. Au-dessus de 3 000 m, les chênes deviennent plus rares et sont remplacés par des pins tels que *Picea excelsa*, qui montent jusqu'à 4 000 mètres.

6b. *Forêt tempérée humide de l'ouest de l'Himalaya*

Chênes et conifères aux altitudes d'environ 1 800 à 3 300 m; *Quercus incana*, *Q. dilatata*, *Q. semicarpifolia* et *Cedrus deodara*. A la limite supérieure, *Abies spectabilis*, rhododendrons et genévriers (Unesco/FAO, 1969; Randhawa, 1958).

6c. *Forêt tempérée humide de l'Iran*

De 800 à 2 000 m, sur les pentes nord de la chaîne de l'Elbourz, forêts avec *Fagus orientalis*, *Carpinus betulus*, *Acer insigne*, *A. laetum* et *Fraxinus excelsior*. Rentrant également dans cette catégorie de petites étendues de l'étage subalpin sec dans les montagnes de l'Elbourz (Unesco/FAO, 1969).

6d. *Forêt tempérée froide*

Dans les montagnes de l'Hindu Kuch, il existe une forêt claire de sapins et de cèdres avec *Cedrus deodara*, *Abies webbiana* et *Pinus gerardiana* (Unesco/FAO, 1969).

6e. *Forêt tempérée froide de chênes et de genévriers*

On trouve dans les montagnes du Zagros, en Iran, des forêts où domine *Quercus persica*, en association avec *Q. infectoria* et *Q. libani* dans l'ouest du Kurdistan. Les autres espèces sont: *Pistacia mutica*, *Pirus syriaca*, *Acer cinerascens*, *Celtis*, *Fraxinus*, *Amygdalus* et des genévriers sur les terrains rocheux. Dans les vallées, on rencontre *Fraxinus oxycarpa*, *Platanus orientalis*, et des variétés de *Populus*, *Salix* et *Tamarix*. Sur les pentes sud des montagnes de l'Elbourz, il existe une formation dégradée comprenant *Festuca*, *Astragalus*, *Acanthophyllum*, avec *Juniperus excelsa* et *Amygdalus* (Unesco/FAO, 1969).

6f. *Forêt tempérée froide de chênes*

Au Liban et sur les monts iraniens du Zagros, on trouve une forêt dense de chênes xérophiles, avec prédominance de *Quercus persica*. Au Liban, cette forêt comprend de petites surfaces de sapins et de cèdres, avec *Cedrus libani* (Unesco/FAO, 1969).

6g. *Forêt tempérée sèche de piedmont*

En Iran, dans la région voisine de la mer Caspienne, il existe une forêt de *Quercus castaneaefolia*, *Buxus sempervirens* et *Cupressus sempervirens*, avec *Carpinus* et *Zelkova*. Sur les sols humides, on trouve *Alnus glutinosa* et *Pterocarya caucasica*. Il s'y ajoute, en Afghanistan, des forêts de pins et de chênes avec *Pinus gerardiana* et *Quercus ballota* (Unesco/FAO, 1969).

## 7. BUISSONS ET PRAIRIES SUBALPINS ET ALPINS

7a. *Formations humides alpines et subalpines*

Le niveau subalpin de cette sous-région de l'Himalaya comprend *Betula utilis*, des rhododendrons, et un sous-bois d'*Abies pindrow* et *Arundinaria aristata*. Au niveau alpin, on trouve des formations buissonnantes avec rhododendrons jusqu'à 4 300 m. Les prairies alpines sont couvertes de *Potentilla*, *Anaphalis*, *Androsace*, *Delphinium* et *Rheum* (Unesco/FAO, 1969).

7b. *Buissons et prairies subalpines sous conditions sèches*

Cette sous-région inclut les montagnes de l'Elbourz et de petites surfaces dans les montagnes du Zagros et de l'Hindu Kuch. Les étés sont secs. Des variétés buissonnantes d'*Amygdalus*, *Prunus*, *Daphne*, *Lonicera* et *Rosa* se rencontrent jusqu'à 3 000 m. Dans les prairies subalpines, on trouve *Bromus tomentellus*, *Agropyrum*, *Poa*, *Festuca ovina*, *Hordeum fragile*

et *Juniperus polycarpus* jusqu'à 3 800 m; de 2 000 à 2 700 m, *Betula verrucosa* avec *Quercus macranthera*, *Acer*, *Juniperus communis*, *J. sabina*, *Lonicera caucasica* et *Carpinus orientalis*. Entre 1 600 et 2 400 m, sous conditions plus sèches (transition entre climat subalpin humide et sec), *Quercus macranthera*, *Juniperus communis*, *J. sabina*, *Lonicera caucasica*. Il existe une variante dégradée avec *Astragalus tragacantha* (Unesco/FAO, 1969).

#### 8. SAVANE ET FORÊT CLAIRE TROPICALES ET SUB-TROPICALES

##### 8a. Savane buissonneuse et forêt claire subtropicales

Au Pakistan et en Inde, on trouve une forêt claire avec *Acacia*, une forêt claire dégradée avec *Acacia*, et une forêt claire avec *Anogeissus pendula*. On rencontre également une forêt claire avec *Zizyphus*, *Acacia*, *Calotropis procera* et *Prosopis*, et dans quelques régions, des cultures sous irrigation.

Dans la République arabe du Yémen, la République démocratique populaire du Yémen et l'Arabie Saoudite, il existe une forêt de montagne sèche assez claire avec *Olea chrysophylla* et *Dodonaea viscosa*. Sur les montagnes moins hautes et plus sèches, on trouve des buissons épineux avec *Euphorbia ammak* et *Themeda triandra*.

L'Iran a une steppe arbustive avec *Acacia arabica*, *A. seyal*, *Capparis*, *Calligonum*, *Zizyphus*, *Euphorbia*, *Cenchrus* et *Hyparrhenia*. Dans le sud de l'Iran, la région de collines de l'ouest du Pakistan et en Afghanistan, on rencontre une steppe subdésertique pseudo-méditerranéenne avec *Pistacia khinjuk*, *Amygdalus*, *Acacia* et *Stipa*, de même que *Zizyphus*, *Prosopis*, *Calotropis* et *Capparis* (Unesco/FAO, 1969; Randhawa, 1958).

##### 8b. Forêt claire tropicale

En Inde et en Birmanie, cette sous-région inclut des formations de savanes très dégradées (Randhawa, 1958). Les espèces les plus communes sont: *Anogeissus acuminata*, *A. latifolia*, *Erythrina suberosa*, *Mangifera indica*, *Syzygium cumini* et *Albizia odoratissima*. Les arbres les plus fréquents sont: *Boswellia serrata* et *Sterculia urens*. On trouve aussi des bambous (*Dendrocalamus strictus*). Le couvert inférieur est constitué d'espèces de *Mallotus*, *Flacourtia*, *Carissa*, *Emblica*, *Wrightia* et *Bauhinia*.

##### 8c. Savane boisée subtropicale

Dans cette sous-région de la péninsule Arabique, *Juniperus procera* est plus ou moins dense entre

1 800 et 2 000 m d'altitude; on y trouve également *Podocarpus gracilior* (Unesco/FAO, 1969).

#### 9. PSEUDO-STEPPE ET FORÊT CLAIRE MÉDITERRANÉENNES

Cette région comprend les montagnes du Zagros, le Croissant fertile et le Pakistan où l'on trouve des pseudo-steppes et des forêts claires avec *Pistacia atlantica*, *P. khinjuk*, *Amygdalus*, *Tamarix* et *Salix*. Dans la région littorale du Proche-Orient, il existe des pseudo-steppes arborées et des forêts claires avec *Pistacia*, *Zizyphus* et buissons de genévriers, et au Liban, *Quercus aegilops*. Dans le sud de l'Iran et au Baloutchistan (Pakistan), on rencontre des pseudo-steppes avec *Artemisia maritima*, *Stipa* et *Cymbopogon* (Unesco/FAO, 1969).

#### 10. STEPPE TEMPÉRÉE ET MÉDITERRANÉENNE

##### 10a. Steppe arborée et forêt claire tempérées

En Iran, il y a des steppes et forêts claires avec *Pistacia mutica*, *P. khinjuk* qui, dans le nord, sont souvent réduits à la dimension de buissons, avec *Amygdalus scoparia* et *A. horrida* dominants. La végétation buissonnante est composée de *Celtis*, *Pirus*, *Crataegus*, *Prunus*, *Daphne* et *Rhamnus*. *Juniperus excelsa*, et la steppe à *Artemisia maritima*-*Stipa barbata*-*S. lagascae*, avec *Bromus tomentellus* et *Hordeum bulbosum* se trouvent aux altitudes plus élevées. Il existe également des pseudo-steppes arborées avec *Pistacia*, *Amygdalus* et *Olea*.

En Afghanistan, la steppe arborée comprend *Artemisia*, *Stipa*, *Pistacia* et une certaine proportion de *Juniperus* et *Amygdalus*, et la pseudo-steppe arborée dans le nord, *Pistacia khinjuk*, *Amygdalus scoparia* et *Olea cuspidata* (Unesco/FAO, 1969).

##### 10b. Steppe arborée tempérée à genévriers

L'Afghanistan possède des steppes arborées avec couverture relativement dense de *Juniperus*.

L'Iran a des steppes et forêts claires composées de *Juniperus excelsa*, *Amygdalus*, *Celtis* et *Crataegus*, et des steppes d'*Artemisia*, *Astragalus*, *Acantholimon*, *Onobrychis cornuta* (Unesco/FAO, 1969).

##### 10c. Steppe de montagne tempérée

L'Afghanistan a des steppes d'*Artemisia*, *Agropyron*, *Stipa*, *Astragalus*, *Cousinia* et *Acantholimon*. Aux altitudes plus élevées se trouvent des steppes de *Cousinia*, *Astragalus tragacantha*, et des steppes avec *Festuca* et *Cousinia*.

L'Iran possède des steppes avec *Artemisia maritima* et *Stipa lagascae*, et des prairies avec *Bromus tomentellus* (Unesco/FAO, 1969).

10d. *Steppe méditerranéenne d'altitude*

Les steppes de l'Iran et de l'Afghanistan sont à prédominance d'*Artemisia herba-alba* et *Aristida plumosa* associés à *Haloxylon*, *Zygophyllum*, *Stellera lessertii*, *Ephedra*, *Astragalus*, *Acanthophyllum*, etc.

Le long de la côte est de la Caspienne (Iran), on trouve des steppes subdésertiques d'*Artemisia herba-alba* avec *Salsola*, et une association *Artemisia meyeriana*-*A. fragrans*.

Le Croissant fertile a des steppes arborées tendant à divers types de forêts, avec *Andropogon*, *Dactylis*, *Pistacia*, *Zizyphus lotus* et buissons de *Juniperus excelsa* et *Quercus persica* (Unesco/FAO, 1969).

## 11. FORMATIONS SEMI-DÉSERTIQUES

11a. *Formations semi-désertiques subtropicales*

Désert et buissons avec *Salvadora* et *Acacia* se rencontrent au Pakistan.

Le désert de Thar (Inde et Pakistan) a des steppes avec *Calligonum*, *Aerva tomentosa*, etc.

Les Etats du Pendjab et du Rajasthan, en Inde, ont des steppes avec *Prosopis spicigera* et *Salvadora oleoides*.

En Iran et au Baloutchistan (Pakistan), on trouve un type de steppe subdésertique avec *Acacia nubia*, *A. seyal*, *Prosopis spicigera*, *Zizyphus spina-christi*, *Tamarix*, *Salvadora* et *Calotropis*, et un autre avec *Aristida plumosa* sur les sables et graviers, et *Aeluropus repens* sur les sols modérément salins. On trouve également divers *Astragalus*, *Echinops*, *Heliotropium*, *Fagonia*, *Stellaria* et *Peganum harmala*. Le *Tamarix* est limité aux fonds des wadis. Les dunes supportent *Arthrophytum persicum* et *Calligonum* spp.

Dans la péninsule Arabique, il existe des steppes buissonneuses avec *Acacia tortilis*, *Maerua crassifolia* sur les piedmonts, et *Panicum turgidum* et *Lasiurus* dans les plaines sableuses; également des steppes avec *Artemisia herba-alba* et *Stipa tortilis*.

La Mésopotamie possède une steppe avec *Artemisia herba-alba*, *Anabasis haussknechtii* (Unesco/FAO, 1969; Randhawa, 1958).

11b. *Formations semi-désertiques méditerranéennes*

En Iran, on rencontre des formations vivaces avec plusieurs espèces de graminées, telles qu'*Andropogon*, *Aristida*, *Bromus*, *Cymbopogon*, *Pennisetum* et *Chrysopogon*, des buissons et arbrisseaux d'*Acacia*, *Populus*, *Pistacia khinjuk* et *Amygdalus scoparia*. On trouve également des formations vivaces avec de hautes graminées telles que *Panicum antidotale*, *P. turgidum*, *Pennisetum dichotomum*, *Astragalus fasciculifolius* et *A. squarrosus*. *Stipa capensis*, qui est une plante annuelle, est très abondante sur

les terrains surpâturés. Il y a aussi des steppes avec *Salsola*.

La Syrie et la Mésopotamie ont des steppes avec *Artemisia herba-alba*, *Stipa tortilis* et *Poa sinaica*; dans les dépressions, *Zygophyllum dumosum*, *Salsola tetrandra* et *Chenolea arabica*.

Dans le nord-ouest de la péninsule Arabique se trouve une steppe à *Anabasis articulata*, *Artemisia herba-alba* et *Thymelaea hirsuta* (Unesco/FAO, 1969).

11c. *Formations semi-désertiques tempérées*

En Iran, en Afghanistan et au Baloutchistan (Pakistan), on rencontre des pseudo-steppes à *Artemisia*, *Astragalus*, *Acantholimon*, *Arthrophytum* et *Aristida*. Par endroits, elles comprennent *Haloxylon*, *Zygophyllum*, *Anabasis*, *Pistacia* et *Amygdalus*. Dans les parties méridionales du Croissant fertile, *Artemisia herba-alba* et *Anabasis aphylla* croissent dans les zones les plus arides; dans celles qui le sont moins, la végétation naturelle a été détruite par l'homme il y a des siècles.

Dans le nord de l'Afghanistan existent des steppes de basses terres avec *Cousinia* et *Ferula*; sur les sables, *Carex* et *Astragalus* (Unesco/FAO, 1969).

## 12. FORMATIONS DÉSERTIQUES

12a. *Formations à prédominance d'éphémérophytes*

Dans la péninsule Arabique, les éphémérophytes sont dominants, avec quelques espèces d'*Haloxylon*, *Rhanterium* et *Salsola* dans les dépressions (Unesco/FAO, 1969).

12b. *Ephémérophytes clairsemés ou absence de végétation*

De véritables déserts à éphémérophytes se trouvent en Iran, en Afghanistan et au Baloutchistan. *Arthrophytum persicum* et *Calligonum* croissent sur les sables.

Dans le désert de Rub al-Khali (Arabie Saoudite), *Calligonum* se rencontre avec des formes éphémères d'*Aristida*, *Tribulus* et *Fagonia*.

*Calligonum*, *Haloxylon*, *Ephedra* et *Artemisia* poussent dans les déserts d'Al-Nafud et d'Al-Dahana (Arabie Saoudite).

Le désert de Dasht-e-Lut (Iran) n'a pas de végétation (Unesco/FAO, 1969).

## 13. MANGROVES

Les principales espèces rencontrées dans les deltas du Gange et de l'Irrawaddi sont *Rhizophora mucronata*, *Bruguiera gymnorrhiza*, *Sonneratia acida*, *Aegiceras corniculatum*, *Xylocarpa molluccensis* et *Scyphi-*

*phora hydrophyllaceae*. Dans le delta du Gange, il existe une cinquantaine d'espèces (Randhawa, 1958).

#### 14. MARAIS SALANTS

14a. *Marais salants côtiers* (Unesco/FAO, 1969).

14b. *Marais salants intérieurs* (Unesco/FAO, 1969).

### GÉOMORPHOLOGIE

L'Asie du Sud présente une grande variété de paysages, depuis les très hautes montagnes et les divers types de plateaux jusqu'aux plaines alluviales et aux déserts de sable. Les trois principales régions morphostructurales décrites dans la géologie et la lithologie de l'Asie du Sud correspondent également à des régions bien définies (figure 3) caractérisées par un paysage distinct. Ces régions comprennent:

1. Le bouclier indien et la plaine indo-gangétique
2. Le bouclier arabe et la zone médiane
3. La région de la Téthys

Les régions des boucliers indien et arabe sont restées stables depuis le Précambrien et le Cambrien respectivement. Toutefois, quelques mouvements de blocs se sont produits ultérieurement et, dans ces deux zones, de vastes surfaces ont été recouvertes de lave pendant l'Eocène. Aussi l'érosion s'est-elle toujours poursuivie d'une manière plus ou moins continue dans ces zones depuis l'Eocène ou avant, entraînant la formation de vastes plateaux.

#### LE BOUCLIER INDIEN ET LA PLAINE INDO-GANGÉTIQUE

La majeure partie du bouclier indien est maintenant un plateau ondulé, d'une altitude moyenne de 200 à 1 000 m, avec quelques collines basses qui ne dominent guère de plus de 500 m les terres environnantes. Le plateau consiste en une série de pénéplaines avec des mesas, des buttes et des inselbergs (Wadia, 1953). Dans les zones plates des pénéplaines, l'altération par des agents atmosphériques a atteint de grandes profondeurs et un stade très avancé. La croûte de latérite représente le stade final d'une altération profonde et intense, et on la rencontre par endroits sur les vestiges de la surface de l'ancienne pénéplaine qui avait été disséquée par des cycles d'érosion ultérieurs. Ailleurs, probablement sur des surfaces de pénéplaines plus récentes, il s'est formé des luvisols, des nitosols et des vertisols.

Le plateau de l'Assam constitue une fraction détachée du bouclier indien. Il n'a pas été touché par les plissements du Tertiaire et a traversé de nom-

breux cycles d'érosion. Par contre, le plateau de Shan, en Birmanie, représente une partie du bouclier de la Sonde qui se prolonge vers l'est, et a été affecté par l'érosion depuis le Crétacé.

Les chaînes de collines importantes du bouclier indien sont les Ghates occidentales et les Ghates orientales, les monts Aravalli, Vindhya et de Gondwana. Les Ghates occidentales sont formées de laves de l'Eocène au nord et de gneiss précambriens au sud. Leur altitude varie de 900 à 1 500 m et elles forment, le long de la côte ouest, une chaîne de collines continue, qui n'est interrompue que par les deux dépressions en auge de la Narmada et du Tapti, résultant d'effondrements de blocs. Dans la partie nord, il s'est formé, par suite de l'érosion des collines de lave, des vallées à faciès de canyons, des mesas, des buttes-témoins et des crêtes rocheuses, le tout produisant un relief caractéristique en « marches d'escalier ». Au sud, dans la zone des gneiss, les collines ont des formes plutôt arrondies.

Les Ghates orientales ne forment pas une chaîne continue, car elles ont été entaillées par des cours d'eau comme la Godavari, la Krishna et la Mahanadi, qui prennent leur source dans les Ghates occidentales et s'écoulent vers l'est. Ces Ghates orientales sont extrêmement disséquées et réduites à l'état de pénéplaines, d'une altitude moyenne de 600 m. Les chaînes de collines situées au nord (Aravalli, Vindhya et Gondwana) sont aussi extrêmement disséquées et ont été pénéplanées à une altitude d'environ 700 mètres.

Les aspects physiographiques de Sri Lanka, partie du bouclier indien, ont suivi le même cycle d'évolution.

La plaine indo-gangétique occupe un vaste géosynclinal entre le bouclier indien et l'Himalaya. Il a été comblé par des sédiments érodés de montagnes depuis le Tertiaire.

#### 2. LE BOUCLIER ARABIQUE ET LA ZONE MÉDIANE

La majeure partie de cette région est constituée de plateaux et de déserts de sable. Les chaînes de montagnes n'en couvrent qu'une très faible partie.

Les montagnes du Hijaz et de l'Asir sont des massifs de lave de l'Eocène comparables aux Ghates occidentales de l'Inde. Leur altitude élevée, jusqu'à 2 700 m, est probablement due à une altération moins active du fait de l'aridité du climat. Les versants occidentaux de ces montagnes sont abrupts et profondément entaillés par de nombreux wadis, d'où leur relief chaotique. Les versants orientaux sont au contraire en pente douce, avec de larges vallées. Les montagnes de l'Asir constituent une partie d'un plateau tabulaire incliné et disséqué, avec des escar-



pements abrupts du côté ouest et des pentes douces sur le versant est.

Parmi les autres chaînes de montagnes importantes, le Liban et l'Anti-Liban se dressent le long de la côte méditerranéenne. Tous deux sont de hautes montagnes avec des pentes très abruptes. La dépression de Al-Biqa qui les sépare a été surtout remplie par des alluvions du Pléistocène.

Les plateaux de la péninsule Arabique, d'Irak, de Syrie, de Jordanie et d'Israël sont en général formés de roches sédimentaires horizontales ou légèrement inclinées, surtout des calcaires et des grès, du Tertiaire ou du Crétacé. Les déserts sont du même âge géologique que les plateaux et occupent en général les dépressions.

Le plateau du Najd, qui s'étend sur une grande partie de l'Arabie Saoudite, a une altitude d'environ 600 m; il est formé de roches du Précambrien et de l'Eocène sur 300 km de largeur dans sa partie ouest, alors que sa partie est consiste en calcaires et en grès du Tertiaire. Dans la partie sud de la péninsule, le plateau de l'Hadramaout se situe à environ 1 000 m d'altitude et comprend de hautes terres vallonnées, avec quelques canyons à fond plat atteignant parfois 300 m de largeur. Il y existe une vallée de l'Hadramaout, de près de 300 km de long, correspondant à un synclinal résultant d'une faille. La partie supérieure de cette vallée est plus large que sa partie inférieure. Au nord-est de l'Arabie Saoudite, le plateau d'Al-Summan est formé de couches sédimentaires légèrement inclinées du Miocène et de l'Eocène. Il comporte des plaines horizontales avec, au-dessus du roc, une croûte épaisse de quelques centimètres à moins d'un demi-mètre de matériaux altérés.

Un certain nombre de plateaux couvrent la partie nord de l'Arabie Saoudite, l'ouest de l'Irak et des étendues importantes de la Syrie et de la Jordanie. La surface du sol y est généralement graveleuse ou pierreuse. La région d'Al-Hamad est surtout constituée de plaines graveleuses et pierreuses alternant avec des bandes de crêtes ou de dunes de sable. Dans la zone bordant la plaine de Mésopotamie, le roc calcaire affleure à la surface ou en est très proche. Une autre plaine rocheuse s'étend du sud-est de Damas à l'intérieur de la péninsule Arabique. La plus grande partie de la Jordanie, d'Israël et de la péninsule du Sinaï est plate et rocheuse, avec des vallées légèrement incisées, à l'exception des escarpements bordant la vallée de rift du Jourdain où les cours d'eau ont entaillé profondément. Cependant, des dépressions d'étendue variable, où se sont accumulés des matériaux alluvionnaires, sont encloses dans les zones rocheuses. En de nombreux endroits, ces dépôts ont le caractère de lœss.

Les déserts sableux occupent de très grandes sur-

faces de l'Arabie Saoudite. Le Rub al-Khali, au sud, est une vaste étendue de dépôts de sable d'origine surtout éolienne qui se sont accumulés dans cette zone au cours d'une très longue période géologique. On y trouve d'énormes crêtes de sable, dépassant souvent 40 km de long et 30 m de haut. Il y a aussi des dunes de forme pyramidale pouvant atteindre 200 m de haut et 1 km de diamètre à la base. Les dunes de sable reposent toujours sur un terrain finement limoneux ou argileux qui est salin, ce qui implique des conditions de playa.

Al-Nafud est un autre grand désert au nord de l'Arabie Saoudite, relié par le long désert d'Al-Dahana au Rub al-Khali. Dans le désert d'Al-Nafud, les dunes, de 10 à 30 m de haut, ont la forme de longues crêtes de sable et alternent avec des affleurements de couches horizontales de calcaire.

### 3. LA RÉGION DE LA TÊTHYS

Cette région est celle de montagnes jeunes au relief tourmenté. Les soulèvements qui les ont formées ont débuté pendant l'Eocène et se sont poursuivis par phases jusqu'au début de la fin du Pléistocène (Wadia, 1953). C'est ainsi que l'Himalaya, l'Hindu Kuch, l'Elbourz et les chaînes de montagnes du Zagros ont été surtout soulevés par des mouvements successifs, de l'Eocène au Pliocène et Pléistocène. Le plateau central iranien a été principalement formé pendant le Miocène et le Pliocène (Dewan et Famouri, 1964). La chaîne de Makran, le Jebel Barez, la chaîne de Kirthar, les collines des Siwalik bordant l'Himalaya, et les collines basses de la chaîne des Sulaiman, ont été soulevés pendant la période du Pliocène et du Pléistocène (Wadia, 1953).

De même, certaines parties des montagnes de l'Himalaya ont été considérablement affectées par les soulèvements qui se sont produits vers la fin du milieu du Pléistocène. Avec chaque soulèvement a commencé un nouveau cycle d'érosion qui a maintenu le relief jeune.

Pendant que se déroulaient ces processus d'érosion, les dépressions associées en recevaient les produits. C'est ainsi que la plaine indo-gangétique, le désert de Dasht-i-Margo en Afghanistan et les déserts de Dasht-e-Kavir et Dasht-e-Lut en Iran ont été formés.

Au Pakistan, les cycles d'érosion survenus depuis le milieu du Pléistocène ont été étudiés par Brinkman et Rafiq (1971). Dans les zones montagneuses des chaînes des Sulaiman et de Kirthar, il existe des pentes de collines abruptes presque dénudées et, entre ces collines, des vallées et des bassins de diverses dimensions. Les mêmes conditions se rencontrent dans la plus grande partie de l'Afghanistan, de l'Iran et de l'Irak, en particulier dans les zones

arides et semi-arides. Les matériaux d'érosion provenant des collines sont déposés dans les vallées sous forme de cônes de déjection graveleux, de plaines de piedmont graveleuses et limoneuses, et de playas argileuses. Les dépôts s'échelonnent depuis le milieu du Pléistocène jusqu'à l'époque actuelle. Ceux du milieu du Pléistocène sont généralement inclinés, et les parties graveleuses sont quelque peu consolidées. Ils ont été pour la plupart érodés pendant la dernière période interglaciaire, et leurs vestiges se retrouvent sous forme de terrasses disséquées dans les parties supérieures des bassins ou le long des collines. Les vallées sont maintenant le plus souvent recouvertes par des matériaux qui ont été déposés au cours de la dernière période glaciaire ou après celle-ci. Des surfaces considérables de terrasses, généralement graveleuses, parfois limoneuses, datant de la dernière période glaciaire, se rencontrent dans les parties supérieures des vallées. Elles sont plus ou moins disséquées. Cette dissection a probablement débuté à la fin de la dernière glaciation, lorsque le dégel s'est généralisé et que les conditions de permafrost ont pris fin. Les produits d'érosion se sont alors déposés dans les parties basses des vallées et des bassins. Ce processus se poursuit. La formation des sols s'est surtout effectuée au cours du début de l'Holocène, sur des surfaces plus anciennes, et s'est poursuivie pendant le milieu de l'Holocène. Il n'y a eu que très peu de formation de sols sur les dépôts plus jeunes.

La plupart des dépôts de vallée sont formés de limons fins et semblent être lœssiques. Quelques petits bassins clos dans les collines montrent des dépôts de lœss bien caractérisés. Ce lœss date très vraisemblablement de la dernière période glaciaire et occupe de nombreuses vallées fermées. L'érosion ultérieure l'a déplacé d'une vallée à l'autre. Il a été mélangé à d'autres matériaux et reclassé par l'eau au cours de ces mouvements. Ces conclusions sont probablement valables pour la plupart des vallées de montagne de l'Afghanistan, et pour les zones arides et semi-arides de l'Iran.

Dans les parties basses de l'Himalaya, on trouve des vallées remplies de lœss de la dernière glaciation. Ce même lœss couvre la plus grande partie des hautes terres de la région de Potwar, autour de Rawalpindi, entre les montagnes de l'Himalaya et les collines de la Salt Range. Les dépôts plus anciens, lœss et alluvions, ne se retrouvent qu'à certains endroits sous ce lœss plus tardif, car ils ont été en grande partie entraînés par l'érosion intense survenue pendant la dernière période interglaciaire. Le lœss tardif a été, lui aussi, largement disséqué, probablement vers la fin de la dernière glaciation, après le dégel généralisé.

Ces matériaux de lœss érodé ont été déposés dans les plaines du Pendjab sous forme de terrasses

fluviales. La formation des sols dans les parties non érodées du lœss et sur les terrasses fluviales a commencé pendant le début de l'Holocène. Les vallées himalayennes et les hautes terres de la région de Potwar avaient été stabilisées par la végétation dès cette période, grâce aux précipitations plus abondantes qu'actuellement. Une nouvelle phase d'érosion est survenue par suite de la diminution de la charge de limon fin des cours d'eau. Les terrasses de la plaine du haut Indus (plaine du Pendjab) ont été érodées, tandis que la région de plaine du bas Indus s'est remplie de nouveaux sédiments. Les terrasses fluviales du Pléistocène, qui occupent de vastes surfaces dans les plaines du Gange (Wadia, 1953) et de l'Euphrate (Buringh, 1960), se sont probablement formées selon le même processus.

Dans les montagnes de l'Himalaya, et spécialement dans leur partie méridionale, les pentes sont abruptes et le dépôt de colluvions est prédominant. La partie supérieure des pentes est en général découverte ou ne comporte qu'une mince couche de matériau altéré, alors que d'épais dépôts colluviaux se sont accumulés dans leur partie inférieure. Du fait de l'érosion continue, la surface est habituellement d'âge récent et la formation des sols n'est encore que peu apparente. Toutefois, dans quelques vallées, comme celle du Jhelum, on trouve des terrasses fluviales datant du Pléistocène (Wadia, 1953).

Bien que les dépôts de sable du désert de Thar soient le résultat d'une longue évolution, celui-ci n'a probablement acquis sa forme actuelle qu'au cours de la dernière période glaciaire, lorsque le sable a été remanié et disposé en dunes. Celles-ci ont été stabilisées par la végétation durant le début de l'Holocène, pendant lequel les précipitations ont été plus abondantes qu'actuellement. Cependant, la présence de caliche, sous forme de croûte calcaire, et les vestiges d'un horizon gypseux dans certaines vallées situées entre les dunes indiquent que, dans quelques zones, ces dernières existent depuis le milieu du Pléistocène.

## GÉOLOGIE ET LITHOLOGIE

### Evolution géologique

Les boucliers indien et arabe (figure 4) font partie du Gondwana, l'une des plus anciennes masses continentales. Ils ont un socle de roches archéennes, formé vraisemblablement par solidification de la croûte terrestre originelle. Le Gondwana était séparé du continent septentrional de l'Angara par une mer, la « Téthys ». Au début de l'Eocène, le Gondwana s'est scindé en plusieurs parties qui ont dérivé pour

former l'Australie, l'Afrique, la péninsule Arabique et l'Amérique du Sud. Seule a subsisté, du continent initial, la partie dite bouclier indien. Le morcellement du Gondwana s'est effectué par stades successifs (Wadia, 1953).

A la fin du Crétacé et pendant le début de l'Eocène, le Gondwana (en particulier sa fraction du bouclier indien) a connu une période d'activité volcanique très intense, associée à des effets de failles en profondeur. Plusieurs centaines de milliers de kilomètres carrés ont été alors recouverts par des laves basaltiques. Les dépôts de lave découverts sur le bouclier arabe sont en relation avec ceux du bouclier indien. On prétend même que la masse de cette lave, qui correspond à un volume supérieur à celui de toutes les montagnes de l'Himalaya, aurait modifié l'équilibre de la croûte terrestre et serait à l'origine des mouvements qui ont entraîné le morcellement du Gondwana et soulevé le fond de la Téthys, en l'érigant en plusieurs systèmes de montagnes — Himalaya, Hindu Kuch, Elbourz et Zagros.

Pendant le Paléozoïque et le Mésozoïque, la Téthys s'étendait sur toute la région occupée actuellement par l'Himalaya, la plaine indo-gangétique, la Birmanie, l'Assam, l'Afghanistan, l'Iran et une partie de l'Irak, en se prolongeant encore plus à l'ouest jusqu'aux Alpes. La Caspienne et la Méditerranée en sont les vestiges. Les processus de surrection des montagnes qui ont commencé dès la période de l'Eocène sont toujours actifs, comme en témoignent les fréquents tremblements de terre. On a pu identifier trois périodes actives de surrection des montagnes dans l'Himalaya, et celles-ci se sont probablement étendues à d'autres régions de la Téthys. Le premier soulèvement, qui a formé l'axe central de l'Himalaya, s'est produit vers la fin de l'Eocène, peu après le morcellement du Gondwana. Le second est survenu au milieu du Miocène, tandis que la troisième phase de surrection des montagnes a débuté à la fin du Pliocène et s'est prolongée jusqu'à la fin du Pléistocène. Certaines parties de l'Himalaya ont encore été soulevées de 1 000 à 2 000 m à une époque aussi tardive que la fin du Pléistocène.

Les périodes probables de formation des diverses chaînes de montagnes sont données ci-dessous :

*Chaîne de l'Hindu Kuch.* Le principal soulèvement a eu lieu au cours du Miocène et du Pliocène; en partie pendant l'Eocène.

*Chaîne de Kirthur.* Miocène, Pliocène et Pléistocène.

*Bande axiale de Quetta* (partie de la chaîne de Kirthar). Eocène, à la même époque que le premier soulèvement de l'Himalaya.

*Chaîne de Makran* (partie de la chaîne de Kirthar). Oligocène, Pléistocène.

*Chaîne du Zagros.* La première phase a débuté à la fin du Jurassique dans les parties nord-est et sud-est; la seconde phase pendant l'Eocène et le Pliocène.

*Montagnes d'Oman.* En relation avec la chaîne du Zagros.

*Chaîne de l'Elbourz.* Milieu du Miocène; formation de failles et charriage de plis, accompagnés d'intrusions ignées, pendant l'Eocène et l'Oligocène. Compression à la fin du Jurassique et à la fin du Crétacé.

*Plateau iranien.* Le soulèvement principal a eu lieu pendant le Pliocène. Formations localisées de roches éruptives à la fin du Crétacé et au Tertiaire. L'activité volcanique a été plus intense pendant l'Eocène, en diminution pendant l'Oligocène et le Miocène.

*Nord et sud du Levant.* Eocène.

Le bouclier indien a subi quatre périodes de mouvements tectoniques, tous antérieurs au Précambrien. Ces mouvements de distorsion et de compression ont entraîné un degré élevé de métamorphisme dans les roches anciennes; mais, depuis le Précambrien, toute cette zone est restée stable. Les mouvements plus tardifs, les épanchements de lave de l'Eocène, n'ont été liés qu'à des fractures verticales. Il en est de même, jusqu'à un certain point, pour le bouclier arabe, masse continentale stabilisée depuis le début du Cambrien.

### Régions géologiques

La description de la géologie et de la lithologie de l'Asie du Sud est basée sur les trois régions morphostructurelles déjà décrites dans la section précédente :

A. *Le bouclier indien et la plaine indo-gangétique.*

B. *Le bouclier arabe et la zone médiane*, comprenant le bouclier arabe, la zone médiane, la plaine de Mésopotamie et le Rub al-Khali.

C. *La région de la Téthys*, y compris la partie birmane de la plate-forme de la Sonde.

Ces régions sont divisées en 44 sous-régions géologiques énumérées ci-après et représentées à la figure 4. Les matériaux originels sont indiqués à la figure 5.

A. Bouclier indien et plaine indo-gangétique

- A1. Le système archéen
- A2. Le système de Dharwar
- A3. Les systèmes de Cuddapah et des Vindhya
- A4. Le système du Gondwana
- A5. Les « trapps » du Deccan
- A6. Les dépôts alluviaux et côtiers
- A7. La plaine indo-gangétique
- A8. Le désert de Thar

## B. Bouclier arabe et zone médiane

- B1. Le bouclier arabe
- B2. Le plateau du Yémen
- B3. La plaine de Al-Tihamah
- B4. Le plateau de l'Hadramaout
- B5. Les plaines du Yémen
- B6. La plaine de Jiddat al-Harasis
- B7. Le désert de Rub al-Khali
- B8. La région du Djabal Tuwayk
- B9. La région de Al-Summan
- B10. Le désert de Al-Nafud
- B11. La région de Al-Dibdibah
- B12. Les régions de Al-Hijara et Al-Hamad
- B13. La plaine de Al-Widyan
- B14. La plaine de Mésopotamie
- B15. La région de Al-Jazirah
- B16. Le plateau de l'est de la Jordanie
- B17. La région de Al-Tubayq
- B18. Le nord du Levant
- B19. Le sud du Levant et la péninsule du Sinaï
- B20. Le plateau de Jebel al-Druz

## C. Région de la Téthys

- C1. Le plateau Shan
- C2. La chaîne des Arakan Yoma
- C3. Le bassin de l'Irrawaddy
- C4. Le plateau de l'Assam
- C5. Les grandes chaînes de l'Himalaya
- C6. L'Himalaya du Cachemire
- C7. Le système des Siwalik
- C8. Les chaînes de l'est du Baloutchistan
- C9. La bande axiale du Baloutchistan
- C10. La chaîne de Makran
- C11. Le système de l'Hindu Kuch
- C12. Les bassins du Dasht-i-Margo et du Dasht-i-Tahlab
- C13. Le système des montagnes du Zagros
- C14. Le système des montagnes de l'Elbourz
- C15. Le plateau central iranien
- C16. La région de Taftan

## A. BOUCLIER INDIEN ET PLAINE INDO-GANGÉTIQUE

Le bouclier indien couvre toute la zone située au sud des plaines indo-gangétiques et forme un plateau avec des mesas et des buttes, et une pente générale vers l'est. Deux chaînes de montagnes importantes courent le long des côtes de l'Inde: les Ghates occidentales et les Ghates orientales. Leur altitude est d'environ 900 à 1 500 m, mais il y a aussi quelques collines plus basses (Vindhya, Aravalli et Gondwana) d'une altitude de 400 à 1 000 mètres.

La région constituée par le bouclier indien repose sur un socle solide et stable depuis le Précambrien et n'a été soumise à aucun plissement important depuis cette époque. Cependant, des mouvements verticaux ont entraîné des soulèvements de blocs le long de failles presque verticales, ou l'épanchement de laves à travers les fractures. Les diverses formations rocheuses sont les suivantes:

## A1. Le système archéen

Le socle du bouclier indien est formé d'un complexe rocheux de gneiss de l'Archéen avec de nombreuses intrusions plutoniques. Ces roches affleurent sur plus de la moitié de la zone. Elles ont subi de multiples distorsions et ont été extrêmement métamorphisées du fait de l'activité volcanique, des plissements et de la formation de failles. Le type de roches le plus commun est représenté par des gneiss azoïques de l'Archéen avec quelques schistes, mais on trouve localement des intrusions de granite, où prédominent les orthoses.

## A2. Le système de Dharwar

Ce système est en relation étroite avec les gneiss de l'Archéen et est probablement du même âge. C'est un complexe de roches sédimentaires et ignées, qui ont toutes été fortement métamorphisées pour former des schistes et des gneiss, de sorte qu'elles sont difficiles à distinguer des gneiss de l'Archéen et forment une partie du socle du bouclier. Des mouvements tectoniques très intenses et étendus ont eu lieu à la fin de la période de Dharwar, créant des plissements complexes et entraînant la formation de chaînes de collines comme les Aravalli.

## A3. Les systèmes de Cuddapah et des Vindhya

Le système de Cuddapah est composé de strates sédimentaires anciennes qui reposent sur l'Archéen et le complexe de Dharwar. Les roches ne sont métamorphisées que par endroits, ce qui indique une grande diminution des distorsions dans la zone du bouclier. Les principales roches sont des schistes argileux compactés, des ardoises, des quartzites, des silex cornés et des calcaires.

Le système des Vindhya représente une formation restée pratiquement sans modifications, qui couvre surtout les monts Vindhya. A sa base, le système est composé de schistes argileux d'origine marine, de calcaires et de grès, tandis que sa partie supérieure comprend des grès fluviatiles ou d'estuaires. Le métamorphisme, associé à quelques plissements, ne se manifeste que dans la partie sud des monts Aravalli. A la fin de la période des Vindhya, tous les mouvements orogéniques ont cessé dans la région de la péninsule.

## A4. Le système du Gondwana

Ce système forme une vaste séquence concordante de dépôts fluviatiles et lacustres allant du Carbonifère supérieur au Jurassique supérieur, et mis en place suivant de grands synclinaux formés par effondrements de blocs associés à des fractures pro-

fondes, presque verticales. Les deux grandes bandes d'affleurements du système du Gondwana apparaissent le long des cours de la Godavari et de la Mahanadi; on trouve en outre quelques affleurements épars dans le Bengale. Les couches inférieures du système du Gondwana consistent en grès et en schistes argileux avec des couches de houille, tandis que le Gondwana supérieur est composé de dépôts massifs de grès, de schistes argileux, de couches de houille et de calcaires. Au Bengale, les roches comportent des intrusions ignées.

#### A5. *Les « trapps » du Deccan*

Les trapps du Deccan consistent en lits épais de laves. Vers la fin du Crétacé et au début de l'Eocène, la lave s'est déversée par de profondes fissures de la croûte terrestre et a recouvert tout le pays, effaçant entièrement la topographie existante et créant un immense plateau volcanique. Les lits épais de laves sont séparés par des couches sédimentaires minces et discontinues. Les roches volcaniques sont des basaltes augitiques, d'une composition remarquablement uniforme.

#### A6. *Les dépôts alluviaux et côtiers*

Les synclinaux de la Narmada et du Tapti, formés dans les trapps du Deccan, sont des dépressions tectoniques de 150 m d'épaisseur, remplies par des alluvions d'argiles de couleur jaune rougeâtre avec interstratifications de sables et de graviers. Le long de la côte est, il existe une bande continue de dépôts côtiers. Sur la côte ouest, on trouve les terres basses du Gujerat, la région marécageuse du Rann of Kutch et une étroite bande côtière. Les dépôts côtiers consistent en sédiments fluviaux, deltaïques et lagunaires, souvent recouverts par des sables éoliens.

#### A7. *La plaine indo-gangétique*

La plaine indo-gangétique occupe un vaste géosynclinal entre la chaîne de l'Himalaya et le bouclier indien. Elle a été comblée par les matériaux érodés au cours de l'orogénèse des montagnes de l'Himalaya. D'après certains géologues, leur épaisseur serait de 5 000 m au nord, celle-ci diminuant progressivement vers le sud. Cette plaine est limitée au nord par la grande faille correspondant au pied de la chaîne de l'Himalaya.

La surface de la plaine indo-gangétique est constituée d'alluvions du Pléistocène et d'âge récent. Les alluvions du Pléistocène se rencontrent surtout sous forme de dépôts de piedmont, le long des contre-forts de l'Himalaya, ou d'anciennes terrasses fluviales. Au Pakistan, ces alluvions du Pléistocène s'étendent

vers le sud jusqu'à Multan et contiennent également des dépôts de loess dans les régions de Rawalpindi et de Peshawar. Elles occupent aussi une bande de piedmont au nord du Bangladesh, en plus de quelques vestiges d'anciennes terrasses fluviales dans la partie centrale de ce pays. En Inde, elles recouvrent une partie très importante de la plaine du Gange. Le reste de toute cette zone est recouvert d'alluvions d'âge récent. Les alluvions sont calcaires et constituées surtout de limons moyens à fins. Ce n'est que dans la partie inférieure de la plaine de l'Indus et dans le delta du Gange qu'elles sont argileuses. Les couches les plus basses consistent en lits massifs d'argile et de sable. Toutefois, les dépôts du Brahmapoutre ne sont pas calcaires.

La plaine de Thal, entre l'Indus et le Jhelum, est une terrasse sableuse modifiée par le vent, datant du Pléistocène. Le sable y est calcaire; le composant principal est le quartz avec une proportion importante de feldspath.

#### A8. *Le désert de Thar*

Le désert de Thar est une vaste étendue de dépôts épais de sable, datant du Pléistocène, avec quelques affleurements de roches anciennes. On y trouve des dunes de sable de 10 à 30 m de haut et de formes variées. Cette zone a été relativement stable pendant la fin du Tertiaire et le Pléistocène, mais les dépôts de sable calcaire datent surtout de cette dernière période.

### B. BOUCLIER ARABIQUE ET ZONE MÉDIANE

Le bouclier arabe couvre le quart occidental de cette région dont la plus grande partie comprend la zone médiane, dans laquelle les dépôts sédimentaires crétacés et tertiaires recouvrent le socle du bouclier. Au nord-est, la plaine de Mésopotamie correspond à un géosynclinal. Les diverses sous-régions sont examinées ci-après.

#### B1. *Le bouclier arabe*

C'est, depuis le Cambrien, une zone de terrains stables, incluant la majorité du plateau du Najd, la totalité du Hijaz et une partie des montagnes de l'Asir. Avant le Cambrien, cette région a été soumise à plusieurs phases de gauchissements vers le bas, plissements, charriages, sédimentation et érosion. Pendant l'Eocène, une grande partie du bouclier a été recouverte par d'épais dépôts de laves basaltiques qui se sont déversées par des fissures verticales. Ces dépôts sont comparables aux trapps qui, en Inde, ont recouvert le Deccan.

Le bouclier arabe comprend trois principales espèces de roches: métamorphiques, intrusives et

effusives. Les roches métamorphiques datent du Précambrien et consistent en gneiss, quartzites, phyllites, cherts, marbres et ardoises. Les roches intrusives sont d'âge précambrien à paléozoïque, et se composent principalement de granite, gneiss, rhyolites, trachites, syénites, diorites et quelques roches ultrabasiques. Les roches effusives, surtout tertiaires et quaternaires, sont constituées de basaltes titanifères riches en olivine, de rhyolites et de trachites.

## B2. *Le plateau du Yémen*

C'est un plateau relativement élevé, formé dans le socle précambrien. Dans la République arabe du Yémen, ce socle est en partie recouvert par des strates horizontales de roches sédimentaires du Jurassique, du Crétacé et du Tertiaire. En plus des roches sédimentaires, il y a des extrusions massives (basaltes, rhyolites et andésites) de la fin du Crétacé jusqu'à la période récente dans la République arabe du Yémen et le sud-ouest de la République démocratique populaire du Yémen. Dans la zone d'Aden, on rencontre des formations légèrement plissées mésozoïques et tertiaires.

Les roches précambriennes consistent surtout en granite, gneiss et schistes avec, accessoirement, des quartzites, des syénites, des cherts et des calcaires cristallins.

## B3. *La plaine de Al-Tihamah*

La plaine côtière de Al-Tihamah est une partie de la fosse de la mer Rouge comblée par des sédiments. Elle descend en pente très douce vers cette mer et est constituée de sédiments marins du Tertiaire et du Quaternaire, recouverts par des dépôts d'âge récent éoliens et alluviaux de sable, de limon très fin et de gravier. On trouve des dépôts coralliens sous une terrasse de 3 m d'altitude.

## B4. *Le plateau de l'Hadramaout*

C'est un haut plateau disséqué, incliné vers le nord. La partie sud est un plateau tabulaire calcaire du Paléocène, recouvert par des mesas et des cuestas de l'Eocène et découpé par un réseau de drainage très complexe. Dans le nord, il est séparé des plaines situées à l'ouest par un escarpement, tandis qu'il est doucement incliné vers l'est.

Le plateau est surtout constitué de roches tertiaires: schistes argilo-calcaires, calcaires et quelques marnes, à l'ouest; formations massives de gypse avec des cherts et des bandes marneuses interstratifiées avec des calcaires, à l'est. Près du golfe d'Aden, il y a des grès du Crétacé et des pélites avec quelques schistes argileux et marnes.

## B5. *Les plaines du Yémen*

Ces deux plaines, séparées par un désert, sont surtout constituées de graviers et de sables. Des collines basses et des mesas de roches crétacées apparaissent par endroits. Il existe de grandes terrasses de graviers et d'éboulis dans leur partie nord et des affleurements de roches du socle archéen dans la partie ouest.

La largeur du désert décroît du sud-ouest au nord-est, de sorte qu'on ne trouve dans le Wadi Hadramaout que de petites zones sableuses isolées. Il y a de longues crêtes de sable de 50 m de haut, deux dômes de sel, ainsi que quelques affleurements du socle archéen.

## B6. *La plaine de Jiddat al-Harasis*

Cette plaine de gravier plate est jalonnée de quelques crêtes basses érodées et de collines d'éboulis datant de l'Eocène. Il y a aussi quelques dunes de sables mobiles. Dans la partie est, le gravier recouvre de la craie et de la marne, superposées elles-mêmes à des calcaires du Crétacé. Dans le sud-ouest et au nord, les roches sous-jacentes sont des calcaires durs à grain fin.

## B7. *Le désert de Rub al-Khali*

Cette vaste zone de plaines de gravier et de déserts de sable s'étend au sud de la péninsule Arabique. Le sable est surtout éolien et se présente sous forme de très hautes et très longues dunes; nombre d'entre elles ont jusqu'à 150 m de haut et dépassent 40 km de long. Elles sont orientées est-nord-est.

## B8. *La région du Djabal Tuwayk*

Cette région forme, avec l'Al-Summan, la plateforme intérieure de la péninsule Arabique. Elle est faiblement inclinée vers l'est. Avant son soulèvement, elle formait une dépression où des sédiments se sont accumulés sur le bouclier arabe, du Cambrien au Pliocène, sur 5 500 m d'épaisseur. A l'ouest, elle est séparée du bouclier arabe par un escarpement de faille formant une courbe et connu sous le nom d'arc central arabe. Les principales roches de la partie ouest sont des calcaires silicifiés et des calcaires compacts formés en eaux peu profondes. Dans la partie centrale, il y a des grès et des calcaires marneux tendres. A l'est, on trouve une bande large de 70 km de sables éoliens.

## B9. *La région de Al-Summan*

Al-Summan est une zone remarquablement plate de la plateforme intérieure de la péninsule Arabique où l'on ne retrouve plus l'inclinaison systéma-

tique vers l'est du socle cristallin. Certaines parties présentent de faibles ondulations, associées peut-être à un système de horst et de fosse situé à une grande profondeur; d'autres montrent d'importantes tendances anticlinales dirigées nord-sud. Les principales roches sont des grès marneux, des marnes sableuses et des calcaires sableux, couverts pour la plupart par des graviers calcaires. Près du golfe Persique, les grès du Miocène affleurent en surface.

#### B10. *Le désert de Al-Nafud*

C'est une vaste zone de sables éoliens. Le sable est généralement sans cohésion et forme des dunes alignées selon des directions très variées. Il y a de nombreux affleurements inclinés de grès.

#### B11. *La région de Al-Dibdibah*

C'est surtout une zone plate, avec quelques collines basses et allongées. Du point de vue structurel, elle forme la frontière nord-est de la plate-forme intérieure examinée sous B8 et B9. Sa surface est couverte de gravier qui consiste en cailloux provenant de diverses roches ignées, de quartz et de grès. Il y a par endroits des sables éoliens.

#### B12. *Les régions de Al-Hijara et Al-Hamad*

Al-Hijara est une zone plate de désert formée dans les calcaires du Tertiaire, située à l'ouest de la plaine de Mésopotamie. La topographie y est dominée par une série d'escarpements de faille, orientés grosso modo nord-sud.

Le nord-ouest de la région de Al-Hamad est une plaine parfaitement monotone. Sa partie sud consiste en interminables étendues de terrains graveleux et pierreux, et en dunes de sable. La partie nord est une steppe calcaire avec plusieurs plateaux de basalte.

Les dépôts tertiaires, qui reposent sur le bouclier arabe, sont très épais et se composent surtout de calcaires et de dolomites interstratifiés avec des marnes et des schistes argileux, et de quelques cherts et dolomites siliceuses. Dans Al-Hamad, les principales roches sont des calcaires et de la craie de l'Eocène, surmontés de calcaires sableux, de marnes et d'argiles.

#### B13. *La plaine de Al-Widyan*

Al-Widyan est une plaine presque plate, doucement inclinée vers l'est. Elle forme un prolongement de la plate-forme intérieure de la péninsule Arabique, dans laquelle d'épais dépôts horizontaux de roches sédimentaires du Crétacé et du Tertiaire recouvrent le socle archéen du bouclier arabe. De profonds wadis ont été formés par l'érosion. Les principales roches sont des calcaires, des calcaires

crayeux, des dolomites, des marnes schisteuses et dolomitiques et des schistes argileux, avec quelques formations massives et entrecroisées de grès.

#### B14. *La plaine de Mésopotamie*

Cette plaine représente la partie méridionale d'un géosynclinal comblé avec d'anciens sédiments de la plate-forme arabe et par des dépôts ultérieurs. La partie supérieure de ceux-ci consiste en sédiments fluviatiles très récents et en quelques sédiments d'irrigation (Buringh, 1960). La plupart des sédiments alluviaux sont des produits d'érosion des montagnes situées au nord et à l'est. Quelques matériaux sont aussi venus des déserts qui se trouvent à l'ouest.

La surface de la plaine consiste en dépôts alluviaux du Pléistocène et d'âge récent. Les dépôts du Pléistocène se présentent sous la forme d'anciennes terrasses alluviales dans la partie nord. Les terrasses supérieures sont constituées de matériaux sableux, limoneux moyens à fins, mélangés à des graviers. Très souvent, la surface présente un dallage désertique ou une croûte de sel. Sur les terrasses inférieures et les plaines inondables, il y a des couches de silt, de limon et d'argile, interstratifiées avec de minces couches de sable. La composition minéralogique des alluvions est variée; elle comporte des calcaires et du gypse.

La zone inférieure du delta consiste en bas-fonds boueux, mais sa partie nord est une très vaste étendue de marais qui correspond probablement à une dépression formée par un affaissement très récent de la croûte terrestre (Lees et Falcon, 1952).

#### B15. *La région de Al-Jazirah*

C'est une partie du géosynclinal occupé par la plaine de Mésopotamie. Elle comprend un plateau bas et ondulé, avec un certain nombre de petits bassins fermés. Le plus grand d'entre eux, celui du Wadi Tharthar, est peut-être une dépression tectonique. On y rencontre quelques collines basses, qui sont des prolongements des montagnes du Zagros.

La partie ouest est formée de dépôts de gypse et d'anhydrite du Miocène, interstratifiés avec des marnes vertes. A l'est, on trouve des grès, des argiles et des argiles sableuses.

#### B16. *Le plateau de l'est de la Jordanie*

Ce plateau est une péninsule constituée de sédiments marins du Crétacé et de l'Eocène. A l'est, les strates de sédiments sont presque horizontales, mais elles montrent des soulèvements différentiels de blocs. Vers sa bordure occidentale, l'influence des escarpements de faille est extrêmement nette. Le plateau est formé de craie, de calcaires mêlés de chert ou

nummulitiques et de marnes, datant de l'Eocène. On trouve aussi des calcaires cristallins et des marbres. Dans le sud, les calcaires sont recouverts de sable et de gravier.

#### B17. *La région de Al-Tubayq*

Al-Tubayq est une plaine de grès couverte de sable sans cohésion ou de bas-fonds boueux. Les principales roches sont des formations de strates entrecroisées de grès, de grès schisteux et de schistes argileux. A l'est, on trouve des grès avec d'assez nombreux fragments de quartz et, au nord-est, une plaine de graviers.

#### B18. *Le nord du Levant*

Le nord du Levant comprend le Djabal Ansariya, la chaîne du Liban, les hautes terres de Galilée, l'Anti-Liban et le Mont Hermon.

Le Djabal Ansariya consiste en un large anticlinal faiblement plissé avec, sur ses flancs, des calcaires et des grès du Jurassique. Son altitude moyenne est de 1 200 m. Les fractures y sont prononcées dans la partie nord. La faille la plus importante est le Ghab, dans lequel coule l'Oronte. Séparée du Djabal Ansariya par une dépression tectonique, appelée trouée de Tripoli-Homs, la chaîne du Liban est constituée d'un seul plissement vers le haut, entrecoupé de nombreuses failles, avec, le long de certaines d'entre elles, des extrusions de basalte. Les hautes terres de Galilée, qui sont un prolongement de la chaîne du Liban, consistent en collines basses arrondies et en plaines herbeuses ondulées, d'une altitude moyenne de 500 m. La chaîne de l'Anti-Liban, prototype du système du Levant, représente essentiellement une simple structure anticlinale, avec une tendance sud-ouest-nord-est. Le Mont Hermon, au sud, est un prolongement de l'anticlinal de l'Anti-Liban.

La majeure partie du nord du Levant consiste en calcaires compacts et en calcaires dolomitiques du Crétacé et du Jurassique, parfois intercalés avec des sables et des argiles nummulitiques. La trouée Tripoli-Homs est surtout recouverte de basalte, et la dépression de Al-Biqā entre le Liban et l'Anti-Liban est comblée par des alluvions quaternaires. A la base et sur les pentes inférieures du Mont Hermon, des basaltes recouvrent les calcaires du Crétacé.

#### B19. *Le sud du Levant et la péninsule du Sinaï*

Dans le sud du Levant, l'épaisseur des sédiments (surtout des calcaires et des marnes du Crétacé) déposés sur le socle archéen diminue du nord au sud, si bien que les roches de base apparaissent à la surface dans le sud de la péninsule du Sinaï. Le sud du Levant et le Sinaï sont bordés à l'est par une val-

lée d'effondrement tectonique (« rift ») s'étendant du golfe d'Aqaba à la mer Morte et se prolongeant de là vers le nord par la vallée de rift du Jourdain.

Dans le nord de cette région se trouve le plateau de Judée, séparé du plateau du Néguev par une faille dirigée est-ouest. Sur le plateau du Néguev, les roches de base de l'Archéen sont très proches de la surface. Au sud, le plateau du Sinaï, incliné vers le nord, descend au sud-ouest jusqu'au niveau de la mer par une série de failles en gradins.

#### B20. *Le plateau de Jebel al-Druz*

C'est un plateau de basalte où l'on rencontre divers types de produits volcaniques (cendres, scories et granite) en plus de couches successives de basalte, interstratifiées avec des dépôts sédimentaires. Il est probable que l'activité volcanique a connu son maximum pendant le Pliocène, quoiqu'il y ait eu aussi des émissions de lave au Quaternaire.

### C. RÉGION DE LA TÊTHYS

Cette région, qui s'étend des Alpes à l'Himalaya et au-delà, est caractérisée par des plissements serrés et par de fortes poussées orogéniques, venant le plus souvent du nord. Les soulèvements ont débuté pendant l'Eocène, se sont poursuivis par phases durant le Tertiaire et se sont prolongés au cours du Pléistocène. Certaines zones, telles que les montagnes du Zagros, ont été affectées par des soulèvements dès le Jurassique. Quelques stades de plissement et de soulèvement ont été accompagnés de formations de failles en profondeur qui ont amené des laves à la surface. Bien que le plateau Shan ne fasse pas vraiment partie du géosynclinal de la Téthys, il a subi l'orogénèse du Tertiaire, et c'est pourquoi il sera examiné ici.

#### C1. *Le plateau Shan*

Ces hautes terres de l'Etat Shan, en Birmanie, constituent la limite occidentale de la plate-forme de la Sonde, qui a été dans son ensemble une masse continentale stable. Leur structure géologique est relativement simple: les chaînes de collines correspondent en général à des anticlinaux, et les vallées à des synclinaux.

Dans la plus grande partie de cette zone, on trouve des dépôts marins allant du Précambrien au Jurassique (ardoises, quartzites, schistes argileux, calcaires) recouverts de dépôts de l'Oligocène et du Miocène (schistes argileux et argiles). Ces sédiments du Tertiaire supérieur et du Pléistocène se sont déposés dans d'anciens bassins lacustres. Dans la partie ouest, les gneiss de l'Archéen sont exposés et, à l'est, des granites occupent des surfaces très importantes.



## C2. La chaîne des Arakan Yoma

Cette chaîne de montagnes, dont les sommets atteignent 2 500 m, a été formée par une série de structures plissées, avec des plissements lâches et réguliers. Des roches cristallines anciennes en composent le noyau, flanqué des deux côtés par des roches dures, étroitement plissées, datant surtout du Tertiaire. Les principales sont des schistes argileux, des grès et des calcaires du Tertiaire, et des grès et des schistes métamorphisés datant du Crétacé à l'Eocène. Il y a des intrusions de granite dans le nord-est.

## C3. Le bassin de l'Irrawaddy

Ce bassin géosynclinal, formé au Tertiaire, a été successivement rempli de sédiments fluviaux, d'estuaires, d'eaux saumâtres et marins. Une grande faille le sépare du plateau Shan, et un pli monoclinale marque sa frontière occidentale. Les principales roches sont des schistes argileux, des grès et des alluvions récentes. Dans le nord, il y a quelques zones de gneiss métamorphiques, ainsi que des basaltes et des granites.

## C4. Le plateau de l'Assam

Etant donné qu'il a presque complètement échappé aux plissements du Tertiaire, ce plateau peut être considéré comme une partie du bouclier indien. Il présente une légère inclinaison vers le nord-est. Son altitude moyenne est voisine de 1 000 m. Les principales roches sont des gneiss et des granites de l'Archéen et des quartzites, des ardoises et des schistes du Précambrien.

### *Les chaînes de montagnes de l'Himalaya*

L'Himalaya peut se diviser en trois grandes zones géologiques: la zone nord ou tibétaine, située au nord des chaînes de montagnes principales; comme elle est en dehors de la région couverte par la carte des sols de l'Asie du Sud, elle ne sera pas examinée ici; la zone centrale ou des grandes chaînes de l'Himalaya (C5), et l'Himalaya du Cachemire (C6); le système des Siwalik (C7).

## C5. Les grandes chaînes de l'Himalaya

Les grandes chaînes de l'Himalaya, qui comprennent plusieurs systèmes montagneux parallèles ou convergents, sont surtout composées de roches cristallines et métamorphiques, avec des sédiments non fossilifères du Précambrien et du Cambrien. Soulevées en trois stades, elles consistent en une série d'anticlinaux, avec formations intenses de plissements et de failles dus à des poussées venant du nord. Les faces sud des anticlinaux sont souvent faillées. Le

long de certaines plaines de charriage situées dans les régions centrales de l'Himalaya, les roches anciennes ont été soulevées et repliées sur les roches plus récentes. L'altitude moyenne de ces chaînes est d'environ 6 000 m, et on y trouve les sommets les plus hauts du monde (monts Everest, Kanchenjunga, etc.). Les versants sud sont en général abrupts et les pentes nord relativement plus douces.

Le noyau des hautes chaînes de l'Himalaya est formé de roches cristallines ou métamorphiques (granites, granulites, phyllites et schistes) qui doivent être considérées en partie comme des gneiss de l'Archéen et en partie comme des roches intrusives bien plus récentes. Parmi les autres roches figurent des ardoises, des calcaires et des grès. Dans le nord-ouest, de vastes zones ont été recouvertes, à la fin du Crétacé et au début de l'Eocène, par des roches ignées intrusives et extrusives: granites, gabbros, périclites, rhyolites, andésites et basaltes. Sur les flancs extérieurs du noyau central, on trouve des schistes gypseux et des calcaires de l'Eocène, des argiles d'eaux saumâtres et des grès lacustres du Miocène.

## C6. L'Himalaya du Cachemire

L'axe central de l'Himalaya se divise vers l'ouest en deux branches; celle du nord s'infléchit vers le nord-ouest et forme la chaîne du Zaskar, et celle du sud continue vers l'ouest avec les chaînes de Dhawaladhar et de Pir Panjal. Ces montagnes ont de 4 000 à 6 000 m et sont coupées par de profonds ravins. C'est entre ces deux branches de l'axe cristallin que se trouve le synclinal de la vallée du Cachemire.

Les gneiss et les schistes de l'Archéen se trouvent avec des ardoises et des phyllites du Précambrien et du Cambrien intercalées avec des calcaires et des quartzites. On trouve aussi des calcaires, des schistes argileux, des ardoises et des dolomites. Des dépôts du Pléistocène recouvrent presque la moitié de la vallée du Cachemire.

## C7. Le système des Siwalik

Ce système est une ceinture de contreforts le long de l'Himalaya et de la chaîne des Sulaiman. Les dépôts fluviaux de sable, d'argiles et de graviers du Mio-Pléistocène ont été plissés et soulevés au cours de la phase la plus tardive (Plio-Pléistocène) de la formation de l'Himalaya. Le contact entre les Siwalik et le système plus ancien du Tertiaire est constitué par la principale faille qui en forme la limite, avec un rejet apparent atteignant des milliers de mètres. La structure des Siwalik est simple: c'est une succession de larges anticlinaux et synclinaux. Les roches sont surtout des grès, des argiles et des conglomérats.

#### C8. *Les chaînes de l'est du Baloutchistan*

Ces montagnes, formées par des dépôts datant du Tertiaire inférieur au Pléistocène, comprennent les chaînes de Kirthar, de Brahui et des Sulaiman. Les montagnes de Kirthar consistent en anticlinaux formant un relief en dos d'âne, avec des escarpements de 300 à 1 000 m de hauteur, orientés nord-sud. La chaîne des Sulaiman orientales, qui atteint environ 2 000 m, va aussi du nord au sud, mais elle s'infléchit vers l'ouest au sud du 30<sup>e</sup> parallèle pour rejoindre la chaîne de Kirthar. Les principales roches sont des calcaires, avec également des schistes argileux, des grès et des conglomérats, le tout datant de l'Eocène et du Mio-Pléistocène.

#### C9. *La bande axiale du Baloutchistan*

Cette bande est constituée de crêtes étroites et longues formées par une succession classique de collines anticlinales et de vallées synclinales. Les roches les plus anciennes, qui sont exposées près de Quetta, sont des schistes argileux et des ardoises du Trias, reposant en discordance sur des calcaires du Permo-Carbonifère. Toutefois, les principales formations sont représentées par des calcaires du Crétacé et du Jurassique.

#### C10. *La chaîne de Makran*

La chaîne de Makran consiste en une série de crêtes en gradins formant un arc s'étendant des montagnes du Zagros au sud-ouest jusqu'à Quetta au nord-est. Ces montagnes ont en général une structure anticlinale très simple, qui s'est formée dans des grès, des schistes argileux et des argilites relativement tendres du Tertiaire, avec un faciès flysch dans le nord.

#### C11. *Le système de l'Hindu Kuch*

Ce système est constitué de deux chaînes parallèles orientées ouest-est. Dans le nord, la chaîne centrale de l'Hindu Kuch se confond avec celle du Paropamisus, tandis que, dans sa partie sud, elle forme les chaînes du Koh-i-Baba et du Band-i-Baian. Dans les parties les plus hautes des montagnes de l'Hindu Kuch, on trouve des roches cristallines du Précambrien, flanquées de formations métamorphiques du Paléozoïque qui recouvrent des zones étendues. Les autres roches sont des calcaires, des grès, des marnes et des argiles du Tertiaire.

#### C12. *Les bassins du Dasht-i-Margo et du Dasht-i-Tahlab*

Ce sont des bassins synclinaux situés entre l'Hindu Kuch et la chaîne de Makran, qui ont été remplis

avec des matériaux provenant de l'érosion des montagnes qui les entourent. Les dépôts consistent surtout en limons très fins, argiles et sables éoliens. Les parties inférieures de ces bassins sont occupées par des fonds de lacs desséchés recouverts de sel.

#### C13. *Le système des montagnes du Zagros*

Ce système comprend un certain nombre de chaînes presque parallèles, orientées nord-ouest-sud-est, et dont l'altitude est d'environ 3 000 m. Les principales roches sont des calcaires massifs du Paléozoïque, du Mésozoïque et de l'Eocène. Il existe des dépôts importants de sel et de gypse de l'Eocène, et on trouve aussi des schistes, des gneiss, des ardoises et des granites. Des plissements et des failles se sont formés au cours de plusieurs périodes, depuis la fin du Jurassique au nord-est et le Crétacé supérieur au sud-est. Pendant la période allant de l'Eocène au Pliocène, toute cette zone a été affectée par des mouvements orogéniques. Au nord, des mouvements tectoniques différentiels le long de failles bien marquées ont formé des horsts et des bassins d'effondrement. De nombreux cônes volcaniques attestent une activité dans ce domaine au cours de diverses périodes. Au sud, on trouve surtout, comme formation caractéristique, des plissements avec des anticlinaux et des synclinaux presque parallèles. Les montagnes d'Oman, qui comprennent les chaînes de Al-Hajar al-Gharbi, Jabal Akhdar et Al-Hajar al-Sharki, font partie au point de vue structure du système de montagnes du Zagros et consistent en un plissement vers le haut de roches du Crétacé, avec un noyau du Précambrien. Les principales roches sont des cherts, des calcaires, des gabbros et des diorites, ainsi que quelques autres roches ultrabasiques.

#### C14. *Le système des montagnes de l'Elbourz*

Dans cette partie de la Téthys, les matériaux se sont accumulés sans interruption du Jurassique supérieur au milieu du Miocène. Un soulèvement accompagné d'intrusions ignées s'est probablement produit à la fin du Miocène. Toutefois, il y a déjà eu certaines compressions dès la fin du Crétacé. Le noyau de ces montagnes est composé de sédiments du Jurassique et du Crétacé, avec des formations du Paléocène sur leurs flancs. Les principales roches sont des calcaires. Des dépôts de tufs, mêlés à des roches volcaniques et intrusives, se rencontrent dans la partie sud. Des schistes et d'autres roches métamorphiques recouvrent une zone étendue dans le nord-ouest, et on trouve des lœss dans le nord et le sud-est.

C15. *Le plateau central iranien*

Il consiste en une série de bassins fermés et de montagnes basses, avec des roches de l'Oligocène et du Miocène. Les montagnes encerclent la dépression située au centre. Au cours de la fin du Tertiaire et pendant le Quaternaire, les bassins ont été occupés par des lacs, et leur surface est recouverte de sable et de limon très fin, avec une croûte de sel dans la dépression centrale. Il y a également quelques vastes étendues de dunes de sable.

La zone du plateau central iranien est séparée des montagnes du Zagros par une grande ligne de failles. Le long de celle-ci, des roches extrusives — basaltes, tufs et andésites — résultent d'une activité volcanique qui s'est pleinement développée à l'Eocène, mais qui a diminué pendant l'Oligocène et le Miocène.

Dans les montagnes, les principales roches sont des calcaires, avec des grès et des schistes argileux; il y a également, dans le nord, des gypses, des argiles et des argilites.

C16. *La région de Taftan*

C'est une région de hautes terres, tourmentée et chaotique. Du point de vue structure, sa partie sud est un prolongement de la chaîne de Makran. Sa partie nord consiste en roches volcaniques de l'Eocène — tufs, diorites, andésites, etc. Il y existe un vaste complexe volcanique de roches basaltiques, associé à des cônes partiellement actifs du groupe de Taftan. Au sud, on trouve des granites, des diorites, des schistes et des grès.

## Bibliographie

## CLIMAT

ADLE, A.H. *Climats de l'Iran*. Téhéran, Publications de 1960 l'Université de Téhéran, n° 586.

PAPADAKIS, J. *Climatic tables for the world*. Buenos Aires. 1961

PAPADAKIS, J. *Crop ecologic survey in relation to agricultural 1965 development of West Pakistan*. p. 18-21, Rome, FAO, Draft report PL/ECOL/16.

PAPADAKIS, J. *Climates of the world and their agricultural 1966 potentialities*. Buenos Aires.

PAPADAKIS, J. *A sketch of crop ecologic regions of Jordan, Lebanon, Syria, Iraq, Kuwait and Iran*. Rome, FAO, Draft report PL/ECOL/9.

RANDHAWA, M.S. *Agriculture and animal husbandry in India*. 1958 New Delhi, Indian Council of Agricultural Research.

WALLEN C.C. & PERRIN DE BRICHAMBAUT, G. *Technical report 1962 on a study of agroclimatology in semi-arid and arid zones of the Near East*. Rome, FAO, FAO/Unesco/WMO Interagency Project on Agroclimatology.

## VÉGÉTATION

## CARTES

*Vegetationskarte*. Masstab 1 : 25 000 000. Geographisch-Kartographisches Institut Meyer.

*Vegetation map of the Mediterranean zone*. Unesco/FAO. 1969 Paris, Unesco.

## PUBLICATIONS

GAUSSEN, H., et al. *Explanatory notes on the vegetation map 1968 of Ceylon*. Extrait des travaux de la section technique et scientifique de l'Institut français de Pondichéry, Serial No. 5. Colombo, Government Press.

RANDHAWA, M.S. *Agriculture and animal husbandry in India*. 1958 New Delhi, Indian Council of Agricultural Research.

## GÉOMORPHOLOGIE

BRINKMAN, R. & RAFIQ, M. *Landforms and soil parent materials 1971 in West Pakistan*. Lahore, Central Soil Research Institute. Pakistan. Soils Bulletin No. 2, FAO/UNDP Soil Survey Project, Pakistan.

BURRING, P. *Soils and soil conditions in Iraq*. p. 34-42. Bagdad. 1960 Ministry of Agriculture.

DEWAN, M.L. & FAMOURI, J. *The soils of Iran*, p. 21-27. Rome, 1964 FAO. FAO et Soil Institute of Iran.

KING, L.C. *The morphology of the earth*. Edimbourg et 1962 Londres, Oliver and Boyd.

WADIA, D.N. *Geology of India*. 3<sup>e</sup> éd., Londres, Macmillan. 1953

## GÉOLOGIE ET LITHOLOGIE

## CARTES

*Geological map of Asia and the Far East*, 1 : 5 000 000. U.N. 1961 Economic Commission for Asia and the Far East.

*Geological map of India*, 1 : 6 111 100. 1940

*National Atlas of India*, 1 : 5 000 000. 1957

*Geological map of Ceylon*, 1 : 1 175 000. (D'après Fernando)

*Geological map of Burma*, 1 : 2 000 000. Burma Geological Department.

*Geological map of Pakistan*, 1 : 2 000 000. Geological Survey 1964 of Pakistan.

*Geological map of Iran*, 1 : 2 500 000. National Iranian Oil 1957 Company.

*Carte géologique du Moyen-Orient* par L. Dubertret. Echelle 1942 1 : 2 000 000.

*Carte lithologique de la bordure orientale de la Méditerranée* 1942 par L. Dubertret. Echelle 1 : 500 000.

*Carte lithologique de la Syrie et du Liban* par L. Dubertret. 1944 Echelle 1 : 1 000 000.

*Generalized lithological map of the Khuzistan's river basins*, 1955 1 : 2 000 000. National Iranian Oil Company.

*Geological map of Israel* par I.L. Picard. Echelle 1 : 5 000 000. 1959

*Geological map of Jordan*, 1 : 250 000. 1956

*Geological map of the Arabian Peninsula*, 1 : 2 000 000. U.S. 1963 Geological Survey and the Arabian-American Oil Company.

#### PUBLICATIONS

ALTAIE, F.H. *The soils of Iraq*. p. 5-10. Gand, Université 1968 de l'Etat. (Thèse) (Polycopié)

ARAMCO. *ARAMCO Handbook*. New York, Arabian-American Oil Company. 1960

ATKINSON, K. *et al. Soil conservation survey of Wadi Shueib and Wadi Kufrein, Jordan*, p. 5-8. Durham, University of Durham; Amman, National Resources Authority. 1967

BRINKMAN, R. & RAFIQ, M. *Landforms and soil parent materials in West Pakistan*, p. 28. Pakistan Soils Bulletin No. 2, FAO/UNDP Soil Survey Project, Pakistan. Lahore, Central Soil Research Institute. 1971

BURDON, D.J. *Handbook of the geology of Jordan*. Colchester, 1959 Benham.

BURINGH, P. *Soil and soil conditions in Iraq*. Bagdad, Ministry 1960 of Agriculture.

DE VAUMAS, E. *Le Liban. Etude de géographie physique*. 1954 Parties 1, 2 et 3. Paris, Firmin-Didot.

DEWAN, M.L. & FAMOURI, J. *The soils of Iran*, p. 21-27. 1964 Rome, FAO. FAO et Soil Institute of Iran.

DUBERTRET, L. *Géologie du site de Beyrouth*. Beyrouth, 1945 Délégation générale de France au Levant. Section Géologie.

ERGUN, H.N. *Report to the Government of Kuwait on reconnaissance soil survey*, p. 5-10. Rome. (FAO/KU/TF 17). 1969

FALCON, N.L. The geology of the northeast margin of the 1967 Arabian basement shield. *Advancement of Science*, 24(119) : 11.

FAO. *Report to the Government of Saudi Arabia on reconnaissance soil and land classification of the south Asir Tihama*, p. 3-6. Rome. FAO/EPTA Report No. 69. 1953

FAO. *FAO Mediterranean development project, Lebanon Country Report*, 2 : 1-3. Rome. 1959

FAO. *Soil survey report of the Hussainiyah Beni Hassan drainage project*, p. 10-11. Rome. FAO Publication No. 2075. 1960

FAO. *Report to the Government of Saudi Arabia on future prospects for hydro-agricultural development*, p. 4-6. Rome. FAO/EPTA Report No. 1638. 1963

FAO. *Etude des ressources en eaux souterraines de la Jezireh syrienne*, p. 17-23. Rome, FAO/FS: 17/SYR. 1966

FAO. *Enquête pédologique et programmes d'irrigation connexes au Liban. Rapport final*, p. 7-12. Vol. 2, Pédologie. FAO/PNUD. 1969

FISHER, W.B. *The Middle East, a physical, social and regional geography*. 4th ed. London, Methuen. 1961

FISHER, W.B. *et al. Soil survey of Wadi Ziqlab*, p. 4-12. Durham, 1966 University of Durham. Amman, National Resources Authority.

HAGEN, T. *Nepal, the Kingdom in the Himalayas*. Berne, 1961 Kümmerly and Frey.

HUMLUM, J. *La géographie de l'Afghanistan*. Copenhagen, 1959 Gyldendal.

HUNTING SURVEY CORPORATION. *Reconnaissance geology of part of West Pakistan*, p. 14-60. Government of Canada. 1960

INDE. MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENTIFIC RESEARCH. 1957 *National Atlas of India*. New Delhi.

IRAN. NATIONAL IRANIAN OIL COMPANY. *Explanatory text to the geological map of Iran*, p. 18. Téhéran. 1959

ITALCONSULT. *Land and water surveys on the Wadi Jizan*, 1965 Vol. 5. Rome. Projet du Fonds spécial des Nations Unies.

ITALCONSULT. *Water and agricultural surveys for areas II and III*. Rome. Rapport de l'Italconsult pour le royaume de l'Arabie Saoudite. 1969

KARAN, P.P. *Nepal. A cultural and physical geography*, p. 100. 1960 Lexington, University of Kentucky Press.

KING, L.C. *The morphology of the earth*. Edimbourg et Londres, Oliver and Boyd. 1962

LAMARE, P. *Structure géologique de l'Arabie*.

LEES, G.M. & FALCON, N.L. The geographical history of the 1952 Mesopotamian plains. *Geogr. J.*, Vol. 68, Part 1.

LIBAN. INSTITUT DE RECHERCHES AGRONOMIQUES. *Notice explicative pour la carte d'utilisation des sols de la région El Hermel-El Kaa*, p. 6-10. Tell Amara, Rayak. 1960

QUENNEL, A.M. The structural and geomorphic evolution 1958 of the Dead Sea rift. *The Quarterly Journal of the Geological Society of London*, Vol. 114.

ROYAUME-UNI. ADMIRALTY. Syria. *Geographical handbook series*. London, H.M.S.O. 1943

SHAMOOT, S.A. & HUSSINI, K. *Land and water use in the Hashemite Kingdom of Jordan, Part I, Land Resources*, p. 4-10. Document soumis à la réunion sur l'utilisation des terres et des eaux au Proche-Orient, tenue à Amman, Jordanie, en mai 1969. Amman, Al Hurieh. 1969

STREBEL, O. Bodengesellschaften Syriens und des Libanons. 1965 *Geol. Jb.* No. 84.

TWITCHELL, K.S. *Saudi Arabia*. New Jersey, Princeton University Press. 1953

UNECFA. *Explanatory text to the geological map of Asia and the Far East*. Commission économique pour l'Asie et l'Extrême-Orient. 1961

WADIA, D.N. *Geology of India*. 3rd ed. London, Macmillan. 1953

WILLIMOT, S.G. *et al. The Wadi El Hassa survey*, p. 4-10. 1963 Durham, University of Durham; Amman, National Resources Authority.

WILLIMOT, S.G. *et al. Conservation survey of the southern highlands of Jordan*, p. 16-27. Durham, University of Durham; Amman, National Resources Authority. 1964

## 5. LES SOLS DE L'ASIE DU SUD

La légende de la carte des sols de l'Asie du Sud comprend 408 unités cartographiques correspondant à 350 différentes associations de sols, dont chacune est composée d'un ou plusieurs sols occupant des positions caractéristiques dans le paysage. Leur distribution est essentiellement liée au climat, à la topographie, la géomorphologie et la lithologie.

Chaque association de sols est caractérisée par le sol dominant — celui qui occupe la plus grande surface dans l'unité cartographique — et par les sols associés et les inclusions de moindre étendue. Soixante-dix-huit différents sols dominants ont été indiqués sur la carte.

Pour des raisons de commodité et de concision, les associations de sols ont été énumérées dans le tableau 4, qui contient les renseignements suivants:

1. Le symbole du sol dominant, suivi d'un premier chiffre précisant la composition de l'association de sols, d'un second chiffre indiquant la classe texturale du sol dominant, et d'une lettre minuscule indiquant la classe de pente de l'association de sols. Les chiffres de classe texturale sont: (1) grossière; (2) moyenne; (3) fine. Les lettres de classe de pente sont: (a) plat à ondulé; (b) vallonné à accidenté; (c) fortement disséqué à montagneux.
2. Les sols associés — sols sous-dominants occupant plus de 20 pour cent de l'unité cartographique.
3. Les inclusions de sols importants occupant moins de 20 pour cent de l'unité cartographique.
4. Les phases en rapport avec la présence, dans le sol, de couches indurées, de roches dures, de salinité ou d'alcalinité.
5. Une évaluation de la superficie de l'unité, en milliers d'hectares.
6. Le symbole du climat<sup>1</sup>.
7. La localisation de l'unité cartographique.

### Répartition des principaux sols

Le milieu de l'Asie du Sud présente des conditions extrêmement variées tant du point de vue du climat,

<sup>1</sup> Selon le système de Papadakis. Voir: J. Papadakis, *Climates of the world and their agricultural potentialities*, Buenos Aires, 1966.

de la végétation, de la géomorphologie, de la géologie et de la lithologie que, par conséquent, de celui des sols eux-mêmes.

Afin de faciliter la compréhension de la répartition géographique des sols, la surface de l'Asie du Sud a été divisée en 19 régions pédologiques, chacune ayant sa propre répartition des sols et ses particularités selon l'utilisation des terres (figure 6). Partant de la côte méditerranéenne à l'ouest, chacune de ces régions est décrite en fonction des principales roches, du climat, de la végétation naturelle et de la répartition des principaux sols.

#### 1. Association xérosols-luvisols du Croissant fertile

Cette région, qui s'étend du nord-est de l'Irak, à travers le nord et l'ouest de la Syrie, jusque dans le nord d'Israël et l'ouest de la Jordanie, est connue comme le Croissant fertile du Proche-Orient. Elle est cultivée depuis les temps les plus reculés, les précipitations étant suffisantes pour les cultures et les arbres fruitiers. L'altitude varie de 500 à 3 000 mètres.

Les roches sont surtout des calcaires et des marnes du Crétacé et du Tertiaire, avec quelques argiles et sables nummulitiques, et, localement, des basaltes. Dans la partie orientale, on trouve des dépôts de gypse et d'autres anhydrites du Miocène, interstratifiés avec des marnes. Ces sols sont pour la plupart formés dans des alluvions du Pléistocène dérivées de ces roches.

Les principaux sols de cette région sont des xérosols calciques, mais les vertisols chromiques et les luvisols chromiques, qui couvrent chacun environ 20 pour cent de la surface totale, sont également importants. Les xérosols se trouvent là où le climat est semi-aride, avec 300 à 500 mm de précipitations. Ils sont localement pierreux, comme dans les parties occidentales de la Syrie et de la Jordanie. Dans le nord-ouest de la Syrie, ils recouvrent un horizon pétrocalcique et, dans le nord-est de l'Irak, ils n'ont qu'une faible épaisseur au-dessus des roches. Les vertisols chromiques se rencontrent dans le nord de l'Irak, le nord-est et le sud-ouest de la Syrie, le centre du Liban et quelques parties d'Israël. Ils occupent des vallées concaves dans la zone des xéro-

sols. Les luvisols sont très anciens et se trouvent dans les zones proches de la côte méditerranéenne où les précipitations sont plus fortes (500 à 900 mm). Par endroits, ils peuvent même contenir de la chaux libre. Ce fait a été attribué par van Liere (1965) au dépôt de poussières venant des vastes zones désertiques à sols calcaires. Quelques zones de cambisols calcaires sont associées aux luvisols, en particulier dans le sud du Liban; elles se sont développées dans les calcaires. Les pentes abruptes des montagnes comportent des lithosols.

## 2. *Association yermosols-solonchaks de la plaine côtière d'Al-Tihamah*

La plaine d'Al-Tihamah, qui s'étend sur une étroite bande le long de la côte ouest de la péninsule Arabique, est formée de dépôts d'alluvions quaternaires provenant des chaînes de montagnes voisines et des matériaux lœssiques des vallées de montagne. Ces alluvions consistent en dépôts de limons fins d'aspect lœssique, épais de 1 à 9 m, et reposant sur du gravier. Celui-ci affleure localement, et il y a aussi par endroits des sables désertiques. La plaine descend en pente douce d'est en ouest, et son altitude est comprise entre 0 et 300 m (TESCO/FAO, 1971). Les précipitations varient de 100 mm dans la zone côtière à 300 mm près des collines.

Les principaux sols sont des yermosols hapliques, avec une étroite bande de solonchaks gleyiques le long de la côte. Dans la partie septentrionale, on trouve surtout des solonchaks orthiques formés dans des zones qui ont subi autrefois l'influence de leur submersion par l'eau de mer. Les yermosols se sont formés dans les limons fins à aspect lœssique ou dans les alluvions graveleuses et limoneuses du Pléistocène (Smith, 1970). Ils sont légèrement à moyennement calcarifères et présentent quelques taches de chaux dans l'horizon B. Des zones éparses de fluvisols eutriques ou calcaires se rencontrent dans toute la plaine sur les dépôts alluviaux récents. Ils sont surtout limoneux moyens à fins et sont légèrement à moyennement calcaires.

## 3. *Yermosols du plateau du Najd*

Il s'agit ici d'une plaine couvrant une partie du plateau du Najd, dans le centre de l'Arabie Saoudite, où les précipitations sont d'environ 100 mm. Les sols sont surtout des yermosols hapliques limoneux qui se sont développés dans des alluvions provenant de basaltes et de roches métamorphiques des hautes terres environnantes. Les yermosols, qui sont surtout des limons jaunâtres ou graveleux, se sont développés dans des alluvions limoneuses, sableuses et graveleuses, datant du Pléistocène. L'évolution

des sols s'est sans doute produite au cours du Pléistocène ou au début de l'Holocène, sous un régime de pluies plus abondantes qu'actuellement. Il existe quelques zones de fluvisols formés dans des dépôts alluviaux récents. On rencontre par places des lithosols et des affleurements rocheux.

## 4. *Association lithosols-yermosols des plateaux et des plaines du Proche-Orient*

Cette région pédologique est l'une des plus étendues; elle couvre la plus grande partie de la péninsule Arabique, l'Irak, la Syrie, la Jordanie et Israël. Elle est divisée en deux sous-régions: la zone du bouclier (4a), qui comporte surtout des basaltes du Crétacé et de l'Eocène et des roches précambriennes plutoniques et métamorphiques, et la zone des roches sédimentaires (4b), avec surtout des calcaires, des marnes et des anhydrites du Tertiaire, ainsi que des alluvions du Pléistocène. La plus grande partie de la région est d'une altitude inférieure à 1 000 m; un tiers environ est situé entre 1 000 et 2 000 m, et certaines montagnes (Asir et Hedjaz) dépassent 3 000 m. Le climat est chaud et aride, avec des précipitations annuelles inférieures à 100 mm sur la majeure partie de la région. Ce n'est que dans quelques zones du nord et du sud-ouest qu'elles atteignent ou dépassent 250 millimètres.

Les sols dominants sont des lithosols sur les montagnes et les affleurements rocheux, et des yermosols sur les pénéplaines et les terrasses alluviales du Pléistocène. Les yermosols sont en général peu profonds, pierreux, ou les deux, mais consistent aussi par endroits en limons jaunâtres profonds — le sol des oasis. Dans le nord, ils se rapprochent graduellement des xérosols. Dans le nord-ouest de l'Irak et l'est de la Syrie, ainsi qu'au Koweït et dans le sud de la péninsule Arabique, ils comportent un horizon sous-jacent pétrogypique et, dans la zone située au sud-est du Rub al-Khali, un horizon sous-jacent pétrocalcaire. Quelques solonchaks apparaissent dans des bassins et le long de la côte du golfe Persique. Dans les zones montagneuses du sud-ouest, il y a des plaines presque plates ou faiblement ondulées, avec des yermosols profonds constitués de limons moyens à fins, qui se sont développés dans des dépôts d'aspect lœssique et des alluvions limoneuses de piedmont du Pléistocène (Smith, 1970). Ces dépôts de piedmont se situent dans les parties supérieures des plaines de montagne ou sur les cônes de déjection alluviaux au pied des pentes. Les sols de limons fins sont de couleur brun jaunâtre, alors que les sols de limons plus grossiers sont brun-rouge ou brun foncé. Les températures étant peu élevées du fait de l'altitude (1 000 à 3 000 m), les sols contiennent une proportion assez importante de matières orga-

niques. Les pentes ouest et sud des montagnes, qui reçoivent de 400 à 1 000 mm de précipitations, ont surtout des sols de limons fins brun jaunâtre, moyennement calcarifères, que l'on pourrait qualifier de xérosols; il peut y avoir aussi quelques cambisols. La plaine située à l'ouest des montagnes d'Al-Hajara contient des yermosols calciques qui se sont formés dans des dépôts graveleux d'érosion provenant des montagnes. Ces sols contiennent de 25 à plus de 50 pour cent de chaux. Dans les parties basses de la plaine, on trouve de petites zones de yermosols limoneux.

##### 5. *Association régosols-arénosols des déserts sableux de la péninsule Arabique*

Cette association pédologique, qui couvre environ un tiers de la péninsule Arabique, inclut les deux principaux déserts sableux, le Rub al-Khali et Al-Nafud, ainsi que les zones avoisinantes qui ont des sols sableux peu profonds. Les précipitations y sont très faibles et sporadiques. Elles tombent en hiver et au printemps dans le nord, et en été dans le sud. Une aridité extrême, des vents très violents et de très hautes températures estivales sont les caractéristiques du climat de cette région.

Les principaux sols sont des régosols calcaires et des arénosols cambiques. Les arénosols sont le plus souvent peu profonds et pierreux, tandis que les régosols se trouvent sur des dunes de sable. Ces dunes revêtent essentiellement quatre formes: les dunes en forme de croissant (« barkhanes »); les dunes longitudinales qui sont souvent en partie stabilisées par une végétation clairsemée; les dunes appelées « urug » qui sont de longues bandes étroites de sable, à arêtes vives, séparées par de larges vallées sableuses; et les montagnes de sable qui sont des massifs de 50 à 300 m de haut, sur lesquels viennent souvent se superposer des barkhanes géantes (Paseur, 1971). Les dunes stabilisées dominent dans le nord où les précipitations sont de l'ordre de 100 mm ou plus. Dans la partie orientale du Rub al-Khali, les zones plates entre les dunes comportent des solonchaks contenant des sels hygroscopiques.

##### 6. *Association solonchaks-fluvisols de la plaine de Mésopotamie*

Cette région pédologique couvre la zone de plaines de l'Irak et la plaine côtière adjacente de l'Iran. Les principaux sols sont des solonchaks orthiques et des fluvisols calcaires formés dans des alluvions de l'Holocène et du Pléistocène. Les solonchaks s'étendent sur à peu près les trois quarts de la surface totale et contiennent invariablement du gypse. Comme les précipitations y sont très faibles (infé-

rieures à 250 mm), ils ne peuvent être cultivés que sous irrigation.

Les sols sont surtout constitués de limons fins et fortement calcarifères; ils contiennent environ 20 pour cent de chaux. Le mode de répartition est le suivant: limons fins sur les levées alluviales et limons argileux fins et argiles dans les bassins plats. Comme la végétation est rare, le sol a une très faible porosité tubulaire et contient très peu de matières organiques. Dans le nord-ouest, la nappe phréatique est en général profonde, mais peut être localement élevée. La partie centrale, la plus basse, a une nappe phréatique élevée et comporte des marécages. La partie sud-est, qui correspond à la zone du delta, comprend surtout des dépôts d'estuaires, avec des sols limoneux fins sur les levées alluviales et des argiles dans les dépressions. Toutes les plantations de palmiers dattiers sont établies sur les sols de ces levées.

##### 7. *Association lithosols-xérosols de l'ouest et du nord de l'Iran*

Cette région pédologique, qui couvre la majeure partie des chaînes du Zagros et de l'Elbourz, est une zone de collines et de vallées séparées par des montagnes, au climat semi-aride, avec 300 à environ 550 mm de précipitations annuelles qui tombent surtout en hiver et au printemps. Les zones de haute montagne de la partie occidentale peuvent en recevoir jusqu'à 700 mm. Les altitudes varient de 1 000 à 3 000 m, certains sommets dépassant même les 3 000 m. La végétation consiste en forêts claires de chênes sur les hautes montagnes et en formations buissonnantes aux altitudes plus faibles. Les graminées représentent une part importante de la végétation.

Les roches principales sont des calcaires et des marnes du Tertiaire, avec quelques schistes argileux calcarifères et des grès. On trouve, interstratifiés avec les marnes, du gypse et d'autres anhydrites. Une grande partie de cette région est couverte d'alluvions quaternaires qui sont en général très calcarifères. Dans le nord, une superficie très importante de cette zone est recouverte de basaltes et de gneiss.

Les sols sont surtout des lithosols sur les pentes abruptes et des xérosols dans les vallées. Les xérosols sont hapliques ou calciques, et localement pierreux ou graveleux. Tous sont calcarifères. On trouve parfois des régosols pierreux sur les dépôts colluviaux pierreux des pentes des collines.

Le bassin du fleuve Karkheh donne un exemple typique de la répartition des sols (ELC et Ab van Khak, 1971). Les parties inférieures des pentes des montagnes ont des sols graveleux ou pierreux (régosols) lorsque la pente est de 3 à 8 pour cent, et

des limons graveleux (xérosols) lorsqu'elle est de 1 à 3 pour cent. Les terrasses alluviales du Pléistocène, au relief quasi plat à vallonné, ont des xérosols limoneux avec un commencement d'horizon B argileux. Ces xérosols présentent le plus souvent une zone fortement prononcée d'accumulation de chaux à une profondeur d'environ 60 à 100 cm ou même moindre (Veenbos, 1968). Les parties à pente faible des plaines de montagne ont des xérosols limoneux avec seulement un horizon B cambique et quelques solonchaks argileux dans les parties les plus basses. Les solonchaks sont en général pauvrement drainés. Dans quelques zones irriguées, d'épais dépôts de limon fin résultant de l'irrigation recouvrent les xérosols. On trouve des fluvisols calcaires dans d'étroites bandes le long des rivières et des phaeozems calcaires dans les zones de haute altitude où les précipitations sont plus importantes (Dewan et Famouri, 1964); dans celles où elles sont moindres, les xérosols passent graduellement aux yermosols.

#### 8. Association cambisols-gleysols de la zone humide de l'Iran

Cette région pédologique couvre le nord des montagnes de l'Elbourz et la plaine côtière le long de la Caspienne. C'est une zone subhumide à humide, où les précipitations annuelles atteignent 600 à 1 000 mm, et dans certains endroits jusqu'à 2 000 mm. La plus grande partie de la région est accidentée, avec des altitudes variant de quelques centaines de mètres à plus de 4 000 m. La végétation naturelle est constituée d'une forêt de chênes.

Les principaux sols sur les versants des collines sont des cambisols calcaires formés dans des calcaires, des dolomites et des marnes. On trouve également quelques schistes argilo-calcaires et grès calcaires, ainsi que des dépôts de lœss par endroits. Dans la partie occidentale où les précipitations sont plus importantes, on rencontre des cambisols eutriques, et sur les parties supérieures des versants montagneux, des lithosols et des cambisols lithiques. Dans la plaine côtière, la plupart des sols sont des gleysols eutriques, et une étroite bande de régosols calcaires apparaît le long de la côte dans la partie centrale de cette zone.

#### 9. Association lithosols-régosols-yermosols de l'Iran, de l'Afghanistan et du Pakistan

Cette région pédologique, qui couvre les parties arides de l'Iran et du Pakistan et, à l'exception d'une petite fraction de l'Hindou Kuch, la totalité de l'Afghanistan, est l'une des plus étendues. Le climat est extrêmement aride; la moyenne des précipitations annuelles est inférieure à 300 mm et, à certains en-

droits, n'excède pas 150 mm. La végétation consiste en formations éparses buissonnantes ou steppiques, avec quelques graminées dans les emplacements favorables.

Les roches principales sont des calcaires, des marnes et des grès et schistes calcaires du Tertiaire. Des dépôts fluviaux et lacustres quaternaires occupent les vallées. Des roches métamorphiques couvrent une vaste surface dans le centre de l'Afghanistan ainsi que de petites zones dans le nord, le centre et le sud de l'Iran.

Les sols sont des lithosols sur les pentes des collines, des régosols pierreux sur les pentes colluviales, des yermosols sur les plaines de piedmont et des solonchaks sur les playas des bassins fermés. On trouve localement des régosols sur les dunes de sable. D'une manière générale, la répartition des sols est commandée par le caractère du dépôt et l'âge de la roche mère, aussi bien que par le type de roche (FAO, 1971a et Sanders *et al.*, 1968). Les pentes des montagnes sont dans l'ensemble dénudées ou couvertes de lithosols. Sur les montagnes calcaires, les roches nues sont prédominantes, alors que les zones de grès, de schistes argileux et de marnes sont le plus souvent recouvertes par des lithosols. Les parties inférieures des versants montagneux ont des régosols pierreux ou des yermosols graveleux. Les vallées ont des dépôts alluviaux de piedmont datant du Pléistocène ou d'âge subrécent. Les faibles pentes des vallées ont des sols limoneux moyens à fins avec un horizon B cambique (yermosols hapliques) lorsque les alluvions sont d'âge subrécent. Dans les dépôts du Pléistocène, les sols ont, de plus, un horizon calcique (yermosols calciques). Dans les parties supérieures des vallées, des terrasses graveleuses du Pléistocène ont été disséquées par l'érosion ultérieure. Les sols sont des limons graveleux et ont un horizon calcique. Dans de nombreuses vallées, les parties les plus basses sont occupées par des playas avec des solonchaks argileux, formés par l'évaporation des eaux de ruissellement provenant des zones plus élevées, particulièrement en Iran. On trouve des fluvisols le long des cours d'eau. Quelques xérosols apparaissent dans les zones de haute altitude où les températures sont basses et les précipitations supérieures à 200 mm, comme dans le centre de l'Afghanistan.

#### 10. Association yermosols-xérosols du Pakistan et du nord-ouest de l'Inde

La région pédologique correspondante couvre la quasi-totalité de la plaine de l'Indus et également la partie semi-aride du nord-ouest de l'Inde. Les précipitations y sont de l'ordre de 100 mm dans la partie centrale de la plaine de l'Indus à environ



600 mm dans le nord-est et le sud-est, les altitudes variant entre 0 et 300 mètres.

Dans la partie nord et est de cette région, les sols sont surtout des xérosols calciques et hapliques. Ils se sont formés dans les alluvions sableuses et de limon fin du Pléistocène sous la savane buissonnante subtropicale et les forêts claires comportant une importante quantité de graminées. Ces sols sont bien développés, vraisemblablement en raison de la forte intensité des pluies de mousson. Les précipitations varient de 350 mm à environ 500 mm dans la bande des xérosols. Dans le sud-est, les xérosols se sont constitués dans des alluvions. Dans les zones de moindres précipitations, on trouve le plus souvent des yermosols hapliques, formés surtout dans les alluvions subrécentes. Dans les plaines de l'Indus, le régime hydrique du sol est fortement influencé par les inondations régulières et les sols sont, là aussi, bien développés. Des îlots épars de gleysols et de solonetz apparaissent dans cette région, en particulier dans la bande des xérosols. Les gleysols se trouvent dans les zones les plus basses, tandis que les solonetz occupent les parties légèrement plus élevées. Des fluvisols se rencontrent sur les alluvions récentes, sous forme de bandes le long des cours d'eau. Dans la plaine d'inondation du delta de l'Indus, qui remonte jusqu'à quelque 70 km de la côte, les solonchaks occupent une proportion très importante du terrain. Près de la côte, ils deviennent prédominants. Dans le sud existe une vaste zone de solonchaks dont la formation résulte d'une ancienne submersion marine.

#### 11. Association arénosols-régosols des déserts de Thar et de Thal

Les déserts de Thar et de Thal sont faits d'épais dépôts de sable du Pléistocène. On y trouve des crêtes et des dunes de sable de formes et hauteurs variables. Les principaux sols sont des arénosols cambiques, avec des inclusions de xérosols hapliques limoneux et de yermosols. Les régosols calcaires dominent dans les zones recevant moins de 200 mm de précipitations.

La plaine de Thal est une ancienne terrasse de l'Indus qui a été modifiée par le vent pour former des dunes de sable de 5 à 15 m de hauteur. Ces dunes peuvent avoir trois formes: les dunes longitudinales en forme de lame de sabre; les dunes alvéolaires avec une structure en nid d'abeilles; et les dunes transversales, en forme de râteau, constituées par des crêtes irrégulières non raccordées entre elles (Ahmad *et al.*, 1968). Ces crêtes de sable sont stabilisées par une végétation buissonnante, excepté dans la partie sud où elles sont composées de sable sans cohésion. Les sols sont surtout des aréno-

sols cambiques. Des régosols calcaires apparaissent dans le sud où les précipitations sont inférieures à 200 mm. Dans le nord, où elles dépassent cette cote, on trouve des xérosols limoneux dans 10 à 20 pour cent des vallées situées entre les dunes.

Le désert de Thar consiste en dunes de sable longitudinales de 15 à 40 m de haut, stabilisées par une végétation buissonnante. Les plus élevées sont souvent séparées par des plaines sableuses irrégulières comportant des dunes basses de 1 à 2 m de haut (FAO, 1971c). Les sols dominants sont des arénosols cambiques associés à des yermosols limoneux ou même des xérosols dans certaines parties des plaines de sable. Par endroits, des horizons pétrocalciques et pétrogypsiques semblent être les vestiges de sols du Pléistocène. Dans les zones recevant moins de 200 mm de précipitations, les régosols calcaires tendent à dominer, les crêtes des dunes y étant surtout constituées de sable sans cohésion. Dans la partie centrale du désert de Thar, il existe une zone assez étendue de yermosols hapliques.

#### 12. Association cambisols-luvisols de la plaine indo-gangétique septentrionale

Cette région pédologique, qui s'étend tout au long du pied des montagnes de l'Himalaya, constitue la partie subhumide de la plaine indo-gangétique. Les précipitations varient de 600 à 1 000 mm, sauf dans la partie orientale où elles atteignent 2 500 mm par an. Dans l'ouest, quelques zones limitées ne reçoivent guère que 400 mm. Cette région a le caractère de sous-piedmont, car elle consiste en dépôts fluviaux entrecroisés, généralement limoneux, datant du Pléistocène et de l'Holocène. Toute la région est quasi plate à ondulée, avec des altitudes variant de 300 à 500 mètres.

Les principaux sols sont des cambisols eutriques formés dans des alluvions calcarifères de composition minéralogique variée. Bien que la chaux y soit très profondément lessivée, des traces de chaux libre maintiennent le pH à une valeur voisine de 8, probablement à cause de la poussière calcarifère apportée par les tempêtes de sable au commencement de l'été, avant le début de la mousson. Cette poussière provient des alluvions de l'Indus et du Gange, ainsi que du désert de Thar. En plus des cambisols, il y a quelques bandes de fluvisols calcaires formés sur les dépôts fluviatiles récents. A l'ouest, viennent s'inclure des régosols calcaires formés dans des lœss, et des xérosols hapliques développés dans des lœss et des alluvions. Les cambisols se sont formés sous des forêts claires et une végétation de graminées. Les matériaux originels sont, soit des alluvions sableuses ou argileuses du Pléistocène, soit des dépôts argileux subrécents. Le développement de ces sols s'est effec-

tué dans de bonnes conditions de drainage. On trouve aussi par endroits des zones de gleysols argileux qui occupent des bandes de terres basses ou des bassins de piedmont. En certains points, les sols souffrent de l'érosion.

Dans la partie ouest (zone des hautes terres de Potwar), les régosols sont formés par une érosion intense qui a éliminé le profil du sol et exposé en surface les dépôts inaltérés de loess. Le paysage a été très fortement disséqué, avec des zones très importantes de terrains ravinés. Seules quelques parcelles ont des cambisols eutriques. Dans une petite partie de cette zone, à l'ouest, des xérosols hapliques se sont formés à partir de grès. A l'extrême ouest, dans la vallée de Peshawar, on rencontre surtout des xérosols, mais il y a aussi des cambisols dans les zones subhumides où les précipitations dépassent 500 millimètres.

#### 13. *Association vertisols-cambisols de la péninsule Indienne*

Cette région pédologique, qui couvre la partie nord-ouest de la péninsule Indienne, comprend de vastes zones de vertisols, séparées par des bandes de cambisols. Ces sols se sont développés principalement dans les basaltes du Crétacé et de l'Eocène, et dans les alluvions qui en sont dérivées. Dans certaines zones, ils se sont formés dans des gneiss du Précambrien. Les altitudes sont comprises entre 200 et 1 000 m. Le climat est tropical et subtropical, subhumide à semi-aride, avec des précipitations annuelles variant entre 500 et 1 500 millimètres.

Les vertisols, surtout chromiques, se sont développés sur des zones presque plates ou de bas-fonds, sous végétation de graminées. Leur profondeur dépasse 150 cm dans les zones basses et varie entre 100 et 150 cm sur les terrains plus élevés. Les vertisols pelliculaires occupent seulement une faible portion de la surface totale de la zone. Inclues dans la vaste couverture presque continue de vertisols, il existe des bandes de cambisols vertiques qui se trouvent en général sur des terrains élevés et ondulés. Ils se sont développés sous végétation de graminées et de forêts claires d'acacia et de *Tectona grandis*. Les vertisols et les cambisols vertiques sont faiblement à moyennement calcarifères (Raychaudhuri, 1963). Dans le nord-ouest, il existe une grande superficie de cambisols eutriques formés dans les alluvions dérivées de basaltes et de roches du Précambrien (surtout des gneiss, des schistes et des calcaires) des monts Aravalli. On doit admettre un certain mélange de ces sols avec des sables éoliens, leur texture allant du limon sableux au limon argileux. Les sols sont en général non calcarifères mais ont une réaction légèrement alcaline.

#### 14. *Association luvisols-nitosols de Sri Lanka et de la péninsule Indienne*

Cette région pédologique s'étend sur les parties est et sud de la péninsule Indienne et sur la totalité de Sri Lanka. Les sols y consistent surtout en luvisols et en nitosols provenant de gneiss et de granites du Précambrien. Comme cette zone constitue une masse stable de terrains anciens, elle représente des pénéplaines. Quelques vestiges de pénéplaines très anciennes (probablement du Tertiaire) ont des acrisols plinthiques. Les altitudes sont comprises entre 200 et 800 m. Les collines voisines des côtes indiennes et celles de Sri Lanka ont de 1 000 à 2 000 m, et parfois davantage dans quelques zones. Le climat est surtout tropical subhumide. La partie sud-ouest de Sri Lanka et une bande sur la côte ouest de l'Inde sont humides. La végétation va, selon l'abondance des précipitations, de la forêt tropicale humide sempervirente à la forêt humide décidue et à la forêt sèche décidue.

La plus grande partie de la région est couverte par des luvisols chromiques, mais des luvisols ferriques se trouvent aussi dans le nord-est. Viennent ensuite, du point de vue de la surface couverte, les nitosols, que l'on rencontre dans les zones à fortes précipitations, le long de la côte ouest et dans la partie nord-est de l'Inde, ainsi que dans certaines régions de Sri Lanka. Dans quelques bassins plats, on trouve des vertisols, et dans les plaines d'inondation récentes (surtout près des côtes) des fluvisols. Quelques zones d'acrisols, surtout plinthiques, sont associées avec les nitosols. Des lithosols associés à des luvisols et des nitosols existent dans certains endroits.

Sur la côte ouest de l'Inde, une bande d'environ 80 km de large comporte surtout des nitosols eutriques et dystriques qui se sont développés sous des forêts tropicales décidues ou sempervirentes. Le relief est en général ondulé à vallonné. Les luvisols ferriques prédominent dans la zone à fortes précipitations de l'est de l'Inde où la surface est presque plate. Dans toute la partie sud de l'Inde, les sols les plus étendus sont des luvisols chromiques, avec des lithosols sur les collines. Les vertisols, que l'on trouve dans les zones plates d'alluvions anciennes, ne représentent qu'un faible pourcentage de la surface totale. De petits îlots d'acrisols phinthiques apparaissent tout le long de la côte est. Sur les côtes, il y a des bandes de régosols dystriques développés sur des sables côtiers et, dans les plaines d'inondation des cours d'eau près du littoral, des fluvisols eutriques.

A Sri Lanka, les luvisols chromiques et les nitosols dystriques dominent dans le sud. Dans le sud-ouest, on trouve quelques vertisols et une bande de régosols dystriques formée dans les sables côtiers. Les acrisols

sols humiques se rencontrent dans la zone montagneuse du centre. Dans la partie nord, il y a des lithosols et des luvisols chromiques associés et, dans les zones ondulées, des nitosols dystriques. Dans les zones presque plates de l'extrême nord et du nord-ouest, on trouve des vertisols pellicules.

#### 15. *Fluvisols du delta du Gange et du Brahmapoutre*

Cette région pédologique, qui s'étend sur presque la totalité du Bangladesh et sur la partie sud-est du Bengale occidental, inclut les plaines d'inondation et le delta du Gange et du Brahmapoutre. Elle se caractérise avant tout par l'ampleur des inondations provoquées par les crues de ces fleuves et les précipitations. Ces dernières surviennent surtout en été et atteignent 2 000 à 4 000 millimètres.

Les sols sont surtout des fluvisols eutriques et calcaires. Les fluvisols calcaires ne se trouvent que dans les alluvions du Gange, qui sont calcarifères. Les matériaux déposés par le Brahmapoutre ne le sont pas et forment des fluvisols eutriques.

Sur les levées alluviales et dans les dépressions, les sols sont respectivement limoneux (localement sableux) et argileux. Les sols argileux sont submergés par une grande hauteur d'eau pendant la saison des pluies, tandis que les sols limoneux ne sont en général inondés que par des eaux peu profondes et très rapidement drainés en automne à la fin de la saison des pluies. C'est le drainage de ces sols qui détermine avant tout l'utilisation des terres.

Les nitosols couvrent une petite superficie au centre de la région; ils représentent l'ancienne surface d'un bloc d'argile surélevé, probablement au Pléistocène ou au Tertiaire (FAO, 1971b). Dans le sud, on trouve une zone d'histosols dystriques qui se sont formés dans des marais d'eau douce et comportent par endroits une mince couverture d'argile. Le long de la côte, on rencontre une bande de fluvisols thioniques d'environ 30 à 40 km de largeur couverte par des forêts de mangroves.

#### 16. *Cambisols de la Birmanie, du Bangladesh et de l'Inde*

La plus grande partie de cette région pédologique est accidentée, avec des altitudes variant de 1 000 à 3 000 m. Le climat est tropical humide, avec des précipitations annuelles de 2 000 à 5 000 mm. La végétation consiste en forêts tropicales décidues et sempervirentes.

La répartition des sols est surtout influencée par la topographie et l'altitude. Dans le nord, les zones ondulées ont des acrisols orthiques et ferriques, ainsi que des nitosols dystriques. Dans la région accidentée du centre et du nord-est, où l'altitude dépasse 1 000 m,

les principaux sols sont des cambisols humiques, tandis que dans la partie accidentée du sud-ouest, d'altitude moindre, ce sont des cambisols dystriques. Le long de la côte, on trouve des gleysols eutriques et, dans le nord, la plaine d'inondation du Brahmapoutre comporte une bande de fluvisols eutriques. Ces mêmes fluvisols eutriques se retrouvent au nord-est, dans la plaine d'inondation de l'Irrawaddy.

#### 17. *Association acrisols-fluvisols du bassin de l'Irrawaddy, en Birmanie*

Cette région, qui s'étend de la côte de Birmanie au sud jusqu'au centre de ce pays au nord, occupe une bande d'environ 150 à 200 km de large. La plus grande partie de cette zone est ondulée à vallonnée ou presque plate, avec des altitudes variant de quelques mètres à 500 m au-dessus de la mer. Le climat y est tropical à subtropical subhumide, avec 750 à 2 500 mm de précipitations, excepté pour une petite partie située au nord qui ne reçoit que 500 à 750 mm. La végétation naturelle consiste en une forêt tropicale décidue et sempervirente, mais elle est actuellement détériorée dans beaucoup d'endroits de la région.

Les principaux sols sont des acrisols et des luvisols dans les zones ondulées à vallonnées et accidentées, et des fluvisols eutriques dans les plaines d'inondation presque plates des cours d'eau. On trouve des acrisols ferriques dans le sud, tandis que, dans le nord, la partie ondulée comporte des luvisols chromiques. Les acrisols et luvisols se sont développés sur les pénéplaines de grès et de schistes argileux calcarifères du Tertiaire, en même temps que sur des gneiss, basaltes et granites. Les fluvisols eutriques que l'on rencontre dans les plaines d'inondation de l'Irrawaddy et du Sittang couvrent à peu près un tiers de cette région. Dans le sud, la zone du delta comporte surtout des gleysols eutriques, alors que les terres soumises à submersion par les marées ont des solonchaks gleyiques.

#### 18. *Association nitosols-acrisols de l'est de la Birmanie*

Cette région pédologique couvre le plateau Shan, masse ancienne de terrains stables considérée comme faisant partie du bouclier indien. La plus grande partie de cette région représente une ancienne pénéplaine. L'altitude varie de 500 à 1 500 m. Le climat y est tropical humide dans le sud et subhumide dans le nord. Les roches sont des gneiss, des schistes, des ardoises, des granites, ainsi que quelques schistes argileux et pélites.

Les sols sont surtout des nitosols dystriques et humiques et des acrisols orthiques. Les nitosols humiques se situent au centre et à l'est de la région,

dans la zone de haute altitude où la forêt n'a guère été perturbée. Le reste est recouvert de nitosols dystriques. Dans le sud, où les pentes sont fortes, on trouve des phases lithiques d'acrisols orthiques et ferriques avec quelques cambisols calcaires associés.

### 19. Cambisols des montagnes de l'Himalaya

Cette région pédologique, qui couvre les montagnes de l'Himalaya et une partie de celles de l'Hindu Kuch, s'étend de la frontière nord-est de l'Inde à la partie nord-est de l'Afghanistan. Elle inclut non seulement les hautes montagnes, mais aussi leurs premiers contreforts, les altitudes variant ainsi d'environ 500 m à 8 848 m (Mont Everest dans l'Himalaya). Le climat varie de subtropical subhumide à humide, sur les premiers contreforts, à tempéré subhumide à humide dans les montagnes. Les précipitations sont de l'ordre de 1 200 à 2 000 mm sur la plus grande partie de la région et, dans l'est, elles dépassent 2 500 mm. Cependant, au-delà des hautes chaînes, elles décroissent assez rapidement, spécialement dans la partie nord-ouest, dont la zone la plus septentrionale ne reçoit guère que 100 millimètres.

Les roches principales sont des gneiss, des schistes et des ardoises dans les chaînes les plus élevées du

noyau central de l'Himalaya, avec des schistes argilo-calcaires, des grès et des calcaires du Tertiaire dans les chaînes d'altitude moyenne et inférieure. Les collines formant les premiers contreforts comprennent des schistes argilo-calcaires, des grès et des conglomérats, tous à demi consolidés. Les pentes sont fortes avec des vallées profondément encaissées. La région au nord des plus hautes chaînes revêt la forme d'un haut plateau.

Les principaux sols sont des cambisols dystriques, des lithosols et des régosols dystriques, avec en outre une étroite bande de régosols dystriques le long de la frontière indo-népalaise. On trouve les cambisols sur les parties inférieures des pentes, les anciennes terrasses fluviales, les dépôts lacustres et les dépôts de loess. Les dépôts lacustres se rencontrent dans la vallée de Katmandou et dans quelques autres vallées de montagne, tandis que les dépôts de loess couvrent de grandes étendues dans certaines vallées de la partie ouest. Quelques luvisols orthiques sont associés aux cambisols. Les régosols se sont formés sur les dépôts colluviaux graveleux ou pierreaux des fortes pentes. Les lithosols occupent les parties supérieures des pentes et couvrent en fait la plus grande partie de la région. Les zones d'altitude supérieure à 7 000 m sont couvertes de neiges éternelles.

### Bibliographie

- AHMAD, M. *et al.* *Reconnaissance soil survey of Thal north.* 1968 Rome, FAO. FAO/UNDP Soil Survey Project, Pakistan.
- ALTAIE, F.H. *The soils of Iraq.* Gand, Université de l'Etat. 1968 (Thèse) (Polycopié)
- BOWEN-JONES, H. *et al.* *Survey of soils and agricultural potential in the Trucial States.* Durham, University of Durham, Department of Geography.
- BURINGH, P. *Soils and soil conditions in Iraq.* Bagdad, Ministry 1960 of Agriculture.
- DAN, J. *et al.* *The soils and soil associations map of Israel.* 1962 Jérusalem, Ministry of Agriculture and Hebrew University of Jerusalem.
- DEWAN, M.L. & FAMOURI, J. *The soils of Iran.* Rome, FAO. 1964 FAO et Soil Institute of Iran.
- FAO. *Report to the Government of Nepal on soil survey investigations and soil analysis.* Rome. FAO/EPTA Report No. 2043.
- FAO. *Survey of land and water resources, Afghanistan.* Vol. 4, 1965 Soils. Rome. FAO/SF Project No. 9.
- FAO. *Soil resources in West Pakistan. Soil Survey Project, 1971a Pakistan. Technical Report 1.* Rome.
- FAO. *Soil Resources of East Pakistan. Soil Survey Project, 1971b Pakistan. Technical Report 3.*
- FAO. *Soil survey and water management research and demonstration in the Rajasthan canal area, India. Soil survey and land classification. 1.6 Semi-detailed soil survey of West Phase II area. 1.7 Semi-detailed soil survey of Lunkaran lift area.* Rome.
- HARADINE, F. & COOVER, J.R. *A note on the study of some 1967 important Indian soils.* Rome, FAO. (Polycopié)
- MOORMANN, F.R. & PANABOKKE, C.R. *Soils of Ceylon.* 1961 Colombo, Government Press. FAO et Land Use Division, Department of Agriculture.
- OSMAN. *Contribution à l'étude des sols du Liban nord.* Gand, 1971 Université de l'Etat. (Polycopié)
- PASEUR, J.E. *A note on the soil units of the soil map of Arabia.* 1971 Rome, FAO. (Polycopié)
- RAYCHAUDHURI, S.P. *et al.* *Soils of India.* New Delhi, Indian 1963 Council of Agricultural Research.
- ROZANOV, B.G. *Explanatory note to the soil map of Burma.* 1959 Rangoon, Land Use Bureau. (Polycopié)
- SHAMOOT, S.A. & HUSSINI, K. *Land and water use in the 1969 Hashemite Kingdom of Jordan. Part I, Land resources.* Document soumis à la réunion sur l'utilisation des terres et des eaux au Proche-Orient, tenue à Amman, Jordanie, en mai 1969. Amman, Al Hurieh.
- SMITH, R. *Report on the soils of Yemen highlands.* Rome, 1970 FAO. (Polycopié)
- TESCO/FAO. *Summary of the agricultural potential of Wadi 1971 Zabid. Soils and land capability. Yemen Arab Republic.* Rapport de TESCO, VIZITERV-VITUKI, Budapest, pour la FAO, Rome.
- VAN LIERE, W.J. *Report to the Government of Syria on the 1965 classification and rational utilization of soils.* Rome, FAO. FAO/EPTA Report No. 2075.
- VERHEYE, W. *Formation, classification and land evaluation of 1972 soils in Mediterranean areas, with special reference to the southern Lebanon.* Gand, Université de l'Etat. (Thèse) (Polycopié)

TABLEAU 4. — ASSOCIATIONS DE SOLS ET INFORMATIONS CORRESPONDANTES

Symbole	Sols associés	Inclusions	Phase	Superficie (1 000 ha)	Climat	Localisation
Af45-2b	Ag Ao	I J		157	1.12	Sri Lanka
Af46-1/2a	Ap G	Jd		57	1.92	Bangladesh
Af46-1/2a	Ap G	Jd		400	1.92	Inde
Af47-2b	Ap Nd			242	1.92	Inde
Af48-2ab	Ah Nd	Jd G		2 097	1.92	Inde
Ah4-2b	Ao	I Jd Od	pierreuse	132	1.12	Sri Lanka
Ah11-2c	Ao	I Bf		549	1.53	Inde
Ah12-2bc	Bh Nh	Bd G I		333	2.26, 4.34	Népal
Ah12-2bc	Bh Nh	Bd G I		142	2.26	Inde
Ao1-2bc				65	1.91	Inde
Ao72-2b	Ph			729	10.57	Inde
Ao73-2bc	Af Bf	I Jd G		938	1.73, 2.41	Sri Lanka
Ao74-2b	Ah	Nd		410	2.31	Inde
Ao75-2b	Af Nd			697	4.25	Inde
Ao76-2/3c	I Nd	Ah	lithique	7 127	1.48, 2.25, 4.34	Birmanie
Ao76-2/3c	I Nd	Ah	lithique	2 843	2.25	Inde
Ao77-2a	Af Ag	Jd G		178	1.92	Inde
Ao78-3c	Ah Bd		lithique	252	2.31	Inde
Ao79-a	Ag Lf			484	1.92	Inde
Ao80-2bc	Ah Pl	Bh Dd		2 665	2.32, 2.26	Bhoutan
Ao80-2bc	Ah Pl	Bh Dd		3 272	2.26	Inde
Ao81-2b	Ah	I	pierreuse	581	4.32	Inde
Ao89-2/3b	Af Lf	Fp Gp		9 415	1.48, 2.25, 4.34	Birmanie
Ao90-2/3c		Ah Bd I	lithique	17 837	1.13, 1.46, 2.25, 2.32	Birmanie
Ap19-2b	Af Ag	Jd Gd Od		292	1.12	Sri Lanka
Ap21-2b	Af	I	péetroferrique	4 363	1.13, 1.42, 1.14, 1.48, 1.53	Inde
Bc11-2a	Je Re	Jc Rc		240	2.25, 4.34	Birmanie
Bc23-2a	Bk Lc	I	lithique	72	1.13	Sri Lanka
Bc24-2b	Lf Nc	Je		326	1.14	Inde
Bc25-2c	Lc Ne		lithique	887	1.91, 4.34	Inde
Bc26-2c	Ne			258	1.91	Inde
Bd29-3c	Ah	Ge	lithique	419	2.26, 4.34	Népal
Bd29-3c	Ah	Ge	lithique	2 924	4.25, 2.32	Inde
Bd32-2bc	Nd Rd		pierreuse	524	2.26	Bhoutan
Bd32-2bc	Nd Rd		pierreuse	261	2.32	Inde
Bd34-2bc	Ao Dd I	Bh Bc G O	pierreuse	5 557	2.26, 2.32	Népal
Bd35-1/2b	Ao Jd	P Dd G		380	10.57	Népal
Bd61-2c	Ao	Gd I		1 863	1.92	Bangladesh
Bd61-2c	Ao	Gd I		749	1.24, 1.43, 1.92	Birmanie
Bd61-2c	Ao	Gd I		1 746	1.92	Inde
Be65-ab	Bk Lc Re	V Je	pierreuse	101	6.15	Syrie
Be65-ab	Bk Lc Re	V Je	pierreuse	56	6.15	Liban
Be66-2c	Re	I		258	1.91	Inde
Be66-2/3c	Re	I		122	6.71	Iran

TABLEAU 4. — ASSOCIATIONS DE SOLS ET INFORMATIONS CORRESPONDANTES (suite)

Symbole	Sols associés	Inclusions	Phase	Superficie (1 000 ha)	Climat	Localisation
Be67-3c	Bk Re	I Hh		333	6.72, 8.3	Iran
Be68-3a	Bk Ge	Zo		175	6.62	Iran
Be69-3c	Ao Bd			292	6.62, 6.71, 8.3	Iran
Be70-2/3a	Bg	Ge Je		374	4.21, 6.73, 6.74	Pakistan
Be70-2/3a	Bg	Ge Je		142	4.21	Inde
Be71-2/3a	Bg	Vc Zo		622	4.22, 4.52, 6.74	Pakistan
Be71-2/3a	Bg	Vc Zo		61	4.21	Inde
Be72-2a	Lo			765	3.71, 10.57	Inde
Be72-2c	Lo		pierreuse	339	3.71, 10.57	Inde
Be72-2c	Lo		lithique	952	4.25	Inde
Be72-2c	Lo		lithique	48	4.21, 4.25	Pakistan
Be72-3c	Lo		lithique	301	4.21	Pakistan
Be72-3c	Lo		lithique	1 559	4.25, 0.57	Inde
Be73-2c	I	Bk U	lithique	1 113	6.74, 6.75, 4.25	Pakistan
Be73-2c	I	Bk U	lithique	29	6.75	Inde
Be74-2a	Je Re	I		2 117	1.91, 4.32	Inde
Be74-2a	Je Re	I	saline	4 218	4.34, 4.32, 4.21	Inde
Be75-2a	Bk So	Je		1 549	1.91, 4.32	Inde
Be76-2b	Bk Lo	Vc		4 230	4.24, 4.32	Inde
Be77-2/3c	Bv Lo			529	4.32	Inde
Be78-2c	Hh I	Lo Bh	lithique	2 175	10.57	Inde
Be79-2a	Ge Lo	Re Je		687	6.74	Inde
Be80-2a	Lo	Jc Bk		1 481	1.91, 4.34	Inde
Be81-2a	Ge	Bh		294	4.34, 1.91	Bangladesh
Be81-2a	Ge	Bh		1 581	4.34	Inde
Be82-a	Lo	Ao Lc		1 517	4.34, 1.92	Inde
Be83-2a	G Je	Lo Bk		813	4.34	Inde
Be84-2a	Lo Je	G		50	4.34	Népal
Be84-2a	Lo Je	G		7 841	4.34	Inde
Be85-2a	Zo	I	saline	2 985	4.32, 4.22, 4.21	Inde
Bf12-3bc	Af Nd	Gd		154	1.12, 1.73	Sri Lanka
Bf17-2c	Ao Fr	I Je	lithique	4 785	1.24, 1.46, 1.48, 2.25	Birmanie
Bf17-2c	Ao Fr	I Fe	lithique	48	2.25	Inde
Bf18-2/3b	Bh Rd	Nd Jd		581	1.12, 1.13	Iles Andaman et Nicobar
Bh10-2a				61	4.34	Bangladesh
Bh10-2a				100	4.34	Inde
Bh16-2/3c	Ah I	U	lithique	3 722	1.48, 1.92, 2.25	Birmanie
Bh16-2/3c	Ah I	U	lithique	2 233	2.25	Inde
Bh18-2b	Be		pierreuse	33	4.34	Népal
Bh18-2b	Be		pierreuse	39	4.34	Inde
Bk33-3c	I	E	pierreuse	248	6.15, 6.51	Liban
Bk34-3b	E	Lc Re Vc		59	6.15	Liban
Bk37-2/3c	Be Re	I		1 305	6.62, 6.71, 8.3	Iran
Bk38-1/2b	Jc Kh	Rc De Lo	pierreuse	30	2.26	Népal
Bk39-2a	Be Jc	G Zo		636	4.34	Inde

TABLEAU 4. — ASSOCIATIONS DE SOLS ET INFORMATIONS CORRESPONDANTES (suite)

Symbole	Sols associés	Inclusions	Phase	Superficie (1 000 ha)	Climat	Localisation
Bk40-2a	Je	Jc G		1 388	4.34	Inde
Bv12-3b	Kh Lc	I Vc		7 396	1.91, 4.34	Inde
Bv12-3b	Kh Lc	I Vc	lithique	1 042	1.91, 1.53, 4.34	Inde
Bv15-3b	Lo Vc	E I	pierreuse	548	6.87	Syrie
E17-3bc	I	Lv V	pierreuse	142	6.13, 6.82	Jordanie
E17-3bc	I	Lv V	pierreuse	60	6.82	Israël
Fr21-2a	Fo	I Jc Vp		272	1.35	Sri Lanka
Fr22-3b	Bf Fo			10	1.13	Iles Andaman et Nicobar
Gc9-3a	Bg	Jc Od		442	1.91	Inde
Gc9-3a	Bg	Jc Od		2 136	1.91	Bangladesh
Gd25-2a	Ge	Je		471	1.92	Inde
Gd26-2a	Jd Zg			23	1.13	Iles Andaman et Nicobar
Ge12-1/2a	Be			467	1.91, 1.92	Bangladesh
Ge12-1/2a	Be			242	4.34, 1.92	Inde
Ge17-3a	Be Gc	Bc Jc		286	6.62, 6.71	Iran
Ge34-3a	Gm Lg			314	6.71, 8.17	Iran
Ge35-3ab	Be	Lo		75	6.71	Iran
Ge36-3a	V	H Z		122	6.74	Iran
Ge37-2/3a	Gm We	Je Vp		4 188	1.13, 1.46, 1.48, 2.25	Birmanie
Ge38-2a		Ne Af Je		923	1.91	Bangladesh
Ge38-2a		Ne Af Je		178	1.91	Inde
Ge50-2/3a	Je	Jt Oe We		3 202	1.24, 1.46	Birmanie
Ge50-2/3a	Je	Jt Oe We		4	1.23	Bangladesh
Ge51-2a		Je Jc Be Gh		5 025	1.92, 1.24, 1.91	Bangladesh
Ge51-2a		Je Jc Be Gh		403	1.92	Inde
Ge52-3a		Gc Jc Jt	saline	786	1.92, 1.24	Bangladesh
Ge52-3a		Gc Jc Jt	saline	410	1.24, 1.46	Inde
Ge53-3a		Gd Od		287	1.92	Bangladesh
Ge53-3a		Gd Od		403	1.92	Inde
Gh12-2a	Jd	Ao		84	2.25	Inde
Gh15-2/3a	Vp We	Ge Je Z		1 431	1.48, 1.91, 2.25	Birmanie
Gh16-2/3a	Ge We	Je		1 576	1.48, 1.91, 2.25, 4.34	Birmanie
Hh11-2bc	Bv Lc	I		1 775	1.48, 1.91	Inde
I-bc				1 675	4.34	Inde
I-Af-Bd-2c			lithique	1 342	2.32	Inde
I-B-U				856	10.57	Pakistan
I-B-U				4 672	2.31, 2.32, 10.57	Inde
I-B-U-2c				2 130	10.57	Inde
I-B-U-2c			débris de roches	10 739	10.57, 6.79	Afghanistan

TABLEAU 4. — ASSOCIATIONS DE SOLS ET INFORMATIONS CORRESPONDANTES (suite)

Symbole	Sols associés	Inclusions	Phase	Superficie (1 000 ha)	Climat	Localisation
I-B-U-2c			débris de roches	1 966	10.57	Pakistan
I-B-U-2c			débris de roches	1 336	10.57	Inde
I-Bc-2c			débris de roches	111	6.78	Iran
I-Bc-Lc				5 831	1.42, 1.81, 1.48, 1.91, 1.53, 4.34	Inde
I-Be-2c			débris de roches	423	2.32	Inde
I-Be-Lc-b				532	4.32	Inde
I-Be-Lc-bc				1 975	4.32, 4.24, 4.22	Inde
I-Be-Lc-2/3c			pierreuse	63	6.18	Syrie
I-Be-Lc-2/3c			pierreuse	176	6.18, 6.51	Liban
I-Bh-U-c			lithique/débris de roches	3 103	2.26, 2.32, 9.82, 10.57	Népal
I-Bh-U-c			débris de roches/lithique	1 138	10.57	Bhoutan
I-Bh-U-c			lithique/débris de roches	123	10.57	Afghanistan
I-Bh-U-c			lithique/débris de roches	3 072	10.57	Inde
I-Bh-U-2c			pierreuse	1 610	2.25, 2.32, 9.81	Birmanie
I-Bh-U-2c			pierreuse	161	2.32	Inde
I-Bv-3b				439	1.91, 4.32	Inde
I-Bv-3c				303	4.32	Inde
I-E-bc				919	6.13, 6.74	Irak
I-E-Xk-bc				778	6.13, 3.27	Irak
I-Gx-2c			débris de roches/saline	423	10.57	Inde
I-Hh				161	1.91	Inde
I-Lc				106	1.35	Sri Lanka
I-Lc-2bc				4 211	1.42, 1.81, 1.53, 4.34	Inde
I-Nd-c				407	1.53	Inde
I-Ne				2 878	1.48, 1.91, 4.34	Inde
I-Rc				323	4.22	Inde
I-Rc-bc				—	—	Yémen, Rép. dém. pop. du
I-Rc-X-c			pierreuse	1 417	6.62, 6.72, 6.74, 8.3	Iran
I-Rc-Xk-c			pierreuse	8 744	6.62, 6.74, 6.87, 6.91, 8.3	Iran
I-Rc-Xk-c			pierreuse	347	6.74	Irak
I-Rc-Yk-c			pierreuse	869	3.24, 3.27, 3.71, 6.62, 6.74, 6.87, 6.91, 8.3	Iran
I-Rc-Yk-c			débris de roches	42 196	6.62, 6.74, 6.72, 6.77, 6.78, 6.87, 6.91, 8.3	Iran
I-Rc-Yk-c			débris de roches	27 502	1.92, 3.27, 4.22, 4.32, 6.81, 6.87, 6.92	Pakistan
I-Rc-Yk-c			débris de roches	3 930	3.27, 6.79, 6.87	Afghanistan
I-Rc-Yk-2c			débris de roches	472	6.74, 6.87	Iran
I-Rc-Zo-c			pierreuse	2 194	3.71, 6.91	Iran
I-Re-X-c			pierreuse	86	6.71	Iran
I-Re-Yh-bc			pierreuse	3 614	3.71, 6.62, 6.74, 6.87, 6.91	Iran
I-Re-Yh-c			pierreuse	7 105	3.27, 3.71, 6.62, 6.71, 6.72, 6.74, 6.91	Iran
I-X-c			débris de roches	3 330	4.21, 4.52, 6.87, 9.12	Pakistan



TABLEAU 4. — ASSOCIATIONS DE SOLS ET INFORMATIONS CORRESPONDANTES (suite)

Symbole	Sols associés	Inclusions	Phase	Superficie (1 000 ha)	Climat	Localisation
I-X-c			débris de roches	16 844	6.78, 10.57, 6.79, 6.74, 6.87	Afghanistan
I-X-2c			débris de roches	67	10.57	Pakistan
I-X-2c			débris de roches	446	10.57	Afghanistan
I-Xk-2c			débris de roches	686	3.71, 6.78	Iran
I-Xk-2c			pierreuse	1 687	3.27, 6.87	Syrie
I-Xk-2c			pierreusc	93	6.87	Liban
I-Y-bc			pierreuse	4 846	3.11, 1.82	Yémen, Rép. arabe du
I-Y-bc			pierreuse	3 226	5.77, 3.24, 3.11, 3.13	Oman
I-Y-bc			pierreuse	20 403	3.11, 1.82, 3.24, 3.27	Arabie Saoudite
I-Y-bc			pierreuse	432	3.24, 6.81	Jordanie
I-Y-bc			pierreuse	2 085	3.11, 3.24	Yémen, Rép. dém. pop. du
I-Y-bc			pierreuse	322	3.24	Emirats arabes unis
I-Y-2c			débris de roches	453	10.57	Afghanistan
I-Y-2c			débris de roches	5 753	10.57, 3.71	Inde
I-Yh-Yk-1/2b			pierreuse	13 964	1.82, 3.24, 3.27	Arabie Saoudite
I-Yh-Yk-1/2b			pierreuse	6 148	3.24, 3.13, 2.35, 2.34, 1.82, 1.81	Yémen, Rép. arabe du
I-Yh-Yk-1/2b			picrreuse	512	3.24	Yémen, Rép. dém. pop. du
I-Yk				273	3.24	Qatar
I-Yk				30	3.24	Arabie Saoudite
I-Yk-1/2a			pétrogypique	1 238	3.24	Arabie Saoudite
I-Yk-2ab			pierreuse	1 171	6.87	Syrie
I-Yk-2ab			pierreuse	9 899	3.27, 3.24	Arabie Saoudite
I-Yk-2ab			pierreuse	414	3.11	Yémen, Rép. dém. pop. du
I-Yk-2ab			pierreuse	433	1.82, 2.24, 3.24	Yémen, Rép. arabe du
I-Yk-2ab			pierreusc	1 165	3.24, 3.27	Jordanie
I-Yk-2/3b			pierreusc	249	6.81	Jordanie
I-Yk-2/3b			pierreuse	592	3.27, 6.81	Israël
Jc1-2a				1 397	3.24, 6.87	Irak
Jc3-3a	Z		saline	219	6.81, 6.87	Iran
Jc29-2/3a	Vc			122	3.24	Irak
Jc36-2/3a		Bk Z G	saline	532	3.27, 6.87	Syrie
Jc36-2/3a		Bk Z G	saline	47	3.27	Irak
Jc37-2a	Qc Yk	G Zo		2 403	6.78, 3.27, 6.79, 6.74	Afghanistan
Jc38-2/3a	Vc Zo Zm		saline	650	3.24	Irak
Jc39-2/3a	Rc Vc	Zo Zm		91	3.24	Irak
Jc40-2/3a	Zm Zo		saline	117	6.87	Iran
Jc40-2/3a	Zm Zo		saline	625	3.24, 6.87	Irak
Jc41-2a	Ge	Zo		189	6.71	Iran
Jc42-2/3a		Je		3 891	3.23, 4.22	Pakistan
Jc42-2/3a		Je		184	4.21	Inde
Jc43-2a	Rc Zg		saline	423	1.91	Inde

TABLEAU 4. — ASSOCIATIONS DE SOLS ET INFORMATIONS CORRESPONDANTES (suite)

Symbole	Sols associés	Inclusions	Phase	Superficie (1 000 ha)	Climat	Localisation
Jc44-1/2a	Bk Zo	Rc	saline	807	4.32	Inde
Jc45-2a	Be	Lo		1 691	4.21, 4.34	Inde
Jc46-2a	Je			40	1.13	Sri Lanka
Jc47-2a	Rc	Sg Zg	saline	20	1.13	Sri Lanka
Jc48-2a	Vc	Bk		807	1.48	Inde
Jc50-2a		Gc		108	1.91	Bangladesh
Jc50-2a		Gc		1 442	4.34	Inde
Jc51-2a	Xl Zo	Xk Vc	saline	1 017	1.48, 1.91	Inde
Jc52-2a	Gc	Ge	saline	341	1.92	Bangladesh
Jc53-2a		Zg	saline	139	3.71, 6.78	Afghanistan
Jc55-2ab	Bk			42	2.32	Inde
Jd5-2/3a	Gd	Jt Sg Ws Z		29	1.12	Sri Lanka
Je38-2a		Ge		542	1.91	Bangladesh
Je38-2a		Ge		1 613	1.92	Inde
Je61-2a		Zo		53	3.27	Irak
Je61-2a		Zo		1 004	3.11, 3.27	Arabie Saoudite
Je61-2a		Zo		75	3.11	Yémen, Rép. dém. pop. du
Je61-2a		Zo		406	3.11, 1.81, 2.34, 3.24	Yémen, Rép. arabe du
Je64-2/3a	Gd Zg	Jc		92	1.13, 1.35	Sri Lanka
Je65-2/3a		Sg		103	1.13	Sri Lanka
Je66-2a	Gh Zm	Jt	saline	161	1.13	Inde
Je67-2a	G	Re Z		1 220	1.42, 1.48	Inde
Je68-2a	Be Zo	Jt Rc	saline	471	1.14	Inde
Je69-2/3a	Gh Lf	Af Zo		694	1.48	Inde
Je71-2a	Bg G			474	1.91	Inde
Je75-2a	Gm Jc Lo	Hh Lk		956	4.34	Népal
Je75-2a	Gm Jc Lo	Hh Lk		265	4.34	Inde
Je76-2a	Bh Hh U	Bc Lf		136	4.34	Népal
Je77-1/2a	Bh Gh	Ge Hh Re		1 122	4.34	Népal
Je77-1/2a	Bh Gh	Ge Hh Re		549	4.34, 2.26	Inde
Jt3-2a	Zg			45	1.91	Inde
Jt9-2/3a	G Zo	Je		29	1.48	Inde
Jt10-3a	Jc Zg	O	sodique/saline	538	1.24	Bangladesh
Jt10-3a	Jc Zg	O	sodique/saline	574	1.46, 1.24	Inde
Jt11-3a		Zg		756	1.24, 1.46	Birmanie
Lc3-2b				126	1.91	Inde
Lc5-1a	Vc			2 872	4.32, 4.34, 4.24	Inde
Lc5-2b	Vc			2 601	1.54, 1.91, 1.53	Inde
Lc12-2/3ab	Lk Vp	We Z		3 094	1.48, 1.91, 2.25	Birmanie
Lc33-3bc	Bv E	I	pierreuse	180	6.13	Israël
Lc33-3bc	Bv E	I	pierreuse	271	6.13	Jordanie
Lc33-3bc	Bv E	I	pierreuse	226	6.15	Liban
Lc46-1b	Bc			1 894	1.91	Inde
Lc46-2b	Bc			2 236	1.96, 1.91	Inde

TABLEAU 4. — ASSOCIATIONS DE SOLS ET INFORMATIONS CORRESPONDANTES (suite)

Symbole	Sols associés	Inclusions	Phase	Superficie (1 000 ha)	Climat	Localisation
Lc46-2b	Bc		pierreuse	113	1.91	Inde
Lc63-3bc	Bk I	Rc	pierreuse	702	6.12, 6.13, 6.15	Syrie
Lc69-3a	Lk	I		558	6.13	Syrie
Lc70-1/2b	Lf Vc	I	lithique	881	4.32	Inde
Lc71-2b	Lg	Je Lp I S		1 411	1.13, 1.35	Sri Lanka
Lc72-2a	I Lg	Je Lp Ws	pétrique	1 107	1.12, 1.13, 1.35	Sri Lanka
Lc73-2bc	Be	I Je G		443	1.12, 1.35, 1.73	Sri Lanka
Lc74-2b	Sg	I G Z		452	1.12, 1.35	Sri Lanka
Lc75-1b	Vc	I		4 576	1.53, 4.24, 4.34	Inde
Lc75-2b	Vc	I		11 236	1.42, 1.48, 1.53	Inde
Lc76-2b	Bc	I		12 068	1.48, 1.91, 1.53	Inde
Lc77-1/2b	Vc	Ge		113	6.13	Israël
Lc77-1/2b	Vc	Ge		23	6.13	Jordanie
Lf10-1bc	Ne			1 694	4.34	Inde
Lf10-2a	Ne		pétrique	281	1.91	Inde
Lf32-1b		I		1 239	1.91	Inde
Lf32-3bc		I	pétrique	317	2.25	Birmanie
Lf59-2/3b	Bf	I Je	pierreuse	786	1.48	Birmanie
Lf92-1a	Lc Lg			12 507	1.91, 4.34	Inde
Lf92-1a	Lc Lg		pierreuse	616	1.91, 4.34	Inde
Lf92-2a	Lc Lg		pétrique	287	1.91	Inde
Lf94-2a	Lp Vc	I G	pétroferrique	1 152	4.34	Inde
Lf95-1a	Lp Ne	Je		458	1.48	Inde
Lf95-1a	Lp Ne	Je	pétrique	1 239	1.46, 1.91	Inde
Lf96-2ab	Lg	Lp I Je	pétrique	1 000	1.46, 1.91	Inde
Lk5-3ab	I Lc	E Rc Z	pierreuse	452	6.13, 6.82	Jordanie
Lo5-2a	Zo	So		3 727	4.22, 4.21, 4.34, 4.32	Inde
Lo34-2a		Zo		452	4.22	Inde
Lo35-2a	Be			1 220	4.34, 4.21	Inde
Lo44-1b	Lc			884	4.21	Inde
Lo45-1a	Lc Sg	Je Be I		192	1.13, 1.35	Sri Lanka
Lo46-1a	Lg	Je I Lc		54	1.13	Sri Lanka
Lo47-1a	Lc Lg	Vc Zo So		1 036	1.42, 1.53	Inde
Lo47-2a	Lc Lg	Vc Zo So		710	1.48	Inde
Lo48-2a	Jc	G		297	1.91	Inde
Lo49-1ab	Be Lk	Jc G		100	1.91	Inde
Lo49-1b	Be Lk	Jc G		219	1.91	Inde
Lo49-1b	Be Lk	Jc G	pierreuse	358	1.91, 4.34	Inde
Lo49-2a	Be Lk	Jc G		2 346	1.91, 1.46, 4.34	Inde
Lo49-2c	Be Lk	Jc G	lithique	733	4.32	Inde
Lo50-2a	Be Lc	G		74	1.91	Inde
Lo51-2a	Lf Zo	Je So G		1 881	4.34	Inde
Lp13-2a	Lc Lf		pétroferrique	161	1.53	Inde
Lv2-3b	Lk Vc	E Bk I		85	6.13	Israël
Nd2-3b	Ao			1 207	1.92	Inde

TABLEAU 4. — ASSOCIATIONS DE SOLS ET INFORMATIONS CORRESPONDANTES (suite)

Symbole	Sols associés	Inclusions	Phase	Superficie (1 000 ha)	Climat	Localisation
Nd46-2ab	Ao	Ge Gh		485	1.91	Bangladesh
Nd47-2b	Fh			268	1.53	Inde
Nd48-2/3b	G Jd	Af		2 078	1.13, 1.14	Inde
Nd49-2bc	Ao I	Bf		1 249	1.14	Inde
Nd50-2b	Lf Lg	I G		2 059	1.14, 1.91, 4.34	Inde
Nd51-2b	Bf			387	1.48, 1.91	Inde
Nd52-2b	Ah			455	1.92	Inde
Nd53-3bc	Bd Rd			290	1.92	Inde
Nd53-3bc	Bd Rd			123	2.26	Bhoutan
Nd55-2/3b	Af	Ap I	lithique	4 964	1.13, 1.46, 1.48, 2.25	Birmanie
Ne53-2ab	Lc Lf			1 968	1.81, 1.48, 1.53	Inde
Ne53-2b	Lc Lf			1 646	1.48, 1.91, 1.53	Inde
Ne55-2b	Ah Lf			387	1.81	Inde
Ne56-2b	Bc Lf			1 275	1.14, 1.91, 4.34	Inde
Ne56-2b	Bc Lf		pétri que	1 029	1.14, 1.48, 1.91	Inde
Ne57-2a	I Lg			449	1.48, 1.91	Inde
Ne58-1bc	Bc Lf	Ao		5 799	1.91	Inde
Ne58-1bc	Bc Lf	Ao	pétri que	316	1.91	Inde
Ne59-2a	Lf Lg	Bc I	pétri que	90	1.91	Inde
Ne59-2ab	Lf Lg	Bc I		55	1.91	Inde
Ne59-2b	Lf Lg	Bc I		1 433	1.91	Inde
Nh8-2/3ab	Ao	Ap G		692	2.25	Birmanie
Od13-a	Gh Jt		saline	32	1.13	Inde
Od14-a		Gc Jt		355	1.91	Bangladesh
Qa9-1a			pierreuse	386	3.24, 6.81	Koweït
Qa9-1a			pierreuse	335	3.24	Arabie Saoudite
Qa9-1a			pierreuse	1 281	3.24	Irak
Qa10-1a	Qc	Gd		36	1.13	Iles Andaman et Nicobar
Qc46-1/2ab	I Y	R	lithique/pierreuse	1 340	3.11, 3.24	Yémen, Rép. dém. pop. du
Qc46-1/2ab	I Y	R	lithique/pierreuse	150	3.27	Irak
Qc46-1/2ab	I Y	R	lithique/pierreuse	27 055	3.27, 3.24, 3.13	Arabie Saoudite
Qc46-1/2ab	Y	R	lithique/pierreuse	733	3.24	Jordanie
Qc46-1/2ab	I Y	R	lithique/pierreuse	565	3.24	Emirats arabes unis
Qc46-1/2ab	I Y	R	lithique/pierreuse	35	3.24	Koweït
Qc46-1/2ab	I Y	R	lithique/pierreuse	270	2.35, 3.24	Yémen, Rép. arabe du
Qc47-1a	Rc	Yk Z		7 374	3.71, 3.27, 6.87, 6.78	Afghanistan
Qc47-1a	Rc	Yk Z		6	3.71	Iran
Qc47-1a	Rc	Yk Z		489	3.27, 6.87	Pakistan
Qc47-1/2b	Rc	Yk Z	dunes mobiles	11 290	3.23, 3.27, 4.22, 4.31	Pakistan
Qc47-1/2b	Rc	Yk Z	dunes mobiles	14 808	4.32, 4.31, 4.22, 3.23	Inde
Qc48-1a	Rc			271	3.23	Inde
Qc48-1a	Rc			38	3.23	Pakistan

TABLEAU 4. — ASSOCIATIONS DE SOLS ET INFORMATIONS CORRESPONDANTES (suite)

Symbole	Sols associés	Inclusions	Phase	Superficie (1 000 ha)	Climat	Localisation
Qc49-1a	Xh	Xk Jc Zo		958	4.22	Inde
Qc50-1a	Qa Qf	Rd Od Jd		146	1.12	Sri Lanka
Rc1-1ab			dunes mobiles	519	3.24, 6.87	Irak
Rc1-2a				306	6.13, 6.82	Israël
Rc1-2b				84	4.32	Inde
Rc30-1ab	Qc Yk	Z	dunes mobiles	84	3.13	Oman
Rc30-1ab	Qc Yk	Z	dunes mobiles	1 868	3.13, 3.24	Emirats arabes unis
Rc30-1ab	Qc Yk	Z	dunes mobiles	40 414	3.27, 3.24	Arabie Saoudite
Rc30-1ab	Qc Yk	Z	dunes mobiles	902	3.24, 3.13	Yémen, Rép. arabe du
Rc30-1ab	Qc Yk	Z	dunes mobiles	1 436	3.24, 3.11	Yémen, Rép. dém. pop. du
Rc30-1ab	Qc Yk	Z	dunes mobiles	343	3.24	Qatar
Rc31-1/2ab	Z			359	3.13	Emirats arabes unis
Rc31-1/2ab	Z			6 142	3.13	Arabie Saoudite
Rc31-1/2ab	Z			30	3.24	Iran
Rc31-1/2ab	Z			77	3.13	Oman
Rc32-1ab	Yy		pétrogypsi- pierreuse	66	6.87	Irak
Rc33-3bc	I Yk	Zo		10 908	3.71, 6.72, 6.74, 6.78, 6.87, 6.91, 8.3	Iran
Rc34-3b	Gc Xk			114	6.78	Iran
Rc35-1a		Qc		92	6.71	Iran
Rc35-1/2bc		Qc		267	3.27	Iran
Rc36-3c	Xh	Zo	pierreuse	694	6.62, 6.72, 6.74, 6.91	Iran
Rc37-3c	I	Zo		9 586	3.15, 3.24, 3.27, 6.74, 6.81, 6.87	Iran
Rc38-1a		Zo	dunes mobiles	3 747	3.15, 3.27, 3.71, 6.91	Iran
Rc38-1a		Zo	dunes mobiles	116	6.87	Irak
Rc40-2b	Xk			1 085	4.21	Pakistan
Rd23-1a	G Je	Qa Rc Zo		1 468	1.13, 1.42, 1.14	Inde
Rd24-1a	Je Zo	Rc		826	1.13, 1.48	Inde
Rd25-1a	Jd	Nd		113	1.14	Inde
Rd26-1a	Jt Zo			261	1.48	Inde
Rd27-1a	Je	Ne		284	1.48	Inde
Rd28-1a	Je			74	2.26	Bhoutan
Rd28-1a	Je			445	2.26	Inde
Rd29-1a	Be Gh	Ag Jd		161	4.34, 2.26	Inde
Rd30-2b	Bc Rc	Ne Fo	pierreuse	1 298	2.26, 4.34	Népal
Rd30-2b	Bc Rc	Ne Fo	pierreuse	523	4.21, 4.34	Inde
Rd31-1/2b	Bf Jd			29	1.12, 1.13	Iles Andaman et Nicobar
Re41-2/3c	I	Be T	pierreuse	42	6.62	Iran
Re46-2c	Be Rd		pierreuse	491	4.21	Inde
Re53-2b	Lo			281	4.21	Inde
Re66-1a	Qa Rc	Zg		169	1.13	Sri Lanka
Vcl-3a				94	6.13	Syrie

TABLEAU 4. — ASSOCIATIONS DE SOLS ET INFORMATIONS CORRESPONDANTES (suite)

Symbole	Sols associés	Inclusions	Phase	Superficie (1 000 ha)	Climat	Localisation
Vcl-3a				1 031	6.13, 6.87	Irak
Vcl3-2/3b	Bv			5 315	1.91, 4.32	Inde
Vc21-3a	Bc Lc			4 424	1.53, 4.34, 4.32	Inde
Vc21-3b	Bc Lc			678	4.24	Inde
Vc42-2/3a	Bv Lc	Bk G Jc I		102	6.15	Liban
Vc43-3ab	Bv	I		35 137	1.42, 1.48, 1.91, 1.53, 4.34, 4.24, 4.32	Inde
Vc44-3a	So Zo		saline	152	1.54	Inde
Vc45-3a		G		4 601	1.48, 1.91, 1.53, 4.34	Inde
Vc46-3a	Bv	Lc		186	6.13	Israël
Vc46-3a	Bv	Lc		42	6.13	Jordanie
Vc46-3a	Bv	Lc		31	6.13	Syrie
Vc47-3b	Bk Bv	I Lc	pierreuse	654	3.27, 6.13, 6.15	Syrie
Vc47-3b	Bk Bv	I Lc	pierreuse	12	6.51	Liban
Vc47-3b	Bk Bv	I Lc	pierreuse	13	3.27	Jordanie
Vc48-3a	Gc	Jc Z		179	6.87	Syrie
Vc49-3a		Jc Zo		447	6.87	Irak
Vc50-3ab	Xk			222	6.74	Irak
Vc51-3a	Lc Ne			29	1.12, 1.13	Iles Andaman et Nicobar
Vp20-3a	Vc			6 667	1.42, 1.48, 1.91, 1.53, 4.34	Inde
Vp39-3b	Bv	Rc Bk		94	6.15	Syrie
Vp40-3a	Je Vc	Zg		678	1.48, 1.91, 2.25	Birmanie
Vp42-3a		Jc G		3 633	1.53	Inde
Vp42-3a		Jc G	saline	387	1.53	Inde
Xh7-2/3ab	Rc			1 642	6.72, 6.74, 6.78, 6.87, 6.91	Iran
Xh12-2a	Xk		saline	5 069	4.32, 4.22	Inde
Xh18-bc	E Xk		pierreuse	566	6.74, 10.57	Afghanistan
Xh18-bc	E Xk		pierreuse	73	6.74	Pakistan
Xh30-3a	Zo	Zg	saline	44	6.74	Iran
Xh31-3a	Gc Rc	Zo		1 372	6.74, 6.81, 6.87	Iran
Xh32-3ab	Xk	Gc Rc		775	6.77, 6.78	Iran
Xh33-3a	Xk	Rc I		800	6.62, 6.74	Iran
Xh34-3a	Rc Zo		saline	472	6.74, 6.87, 6.91	Iran
Xh35-3a	Xk	Rc Zo		594	6.78	Iran
Xh37-3a	Rc Xk Zo	V	saline	514	6.62, 6.72, 6.91	Iran
Xh38-3a	Bc			136	6.72, 6.74	Iran
Xh39-3ab	Rc	Bc		517	6.62, 6.74	Iran
Xh40-3a	Rc Zo	Gc Hc	sodique	450	6.74, 6.87	Iran
Xh41-3b	Rc	Jc Lc	pierreuse	131	6.78	Iran
Xh42-2/3a		Zo	saline	1 513	6.87	Pakistan
Xh43-2/3a	Yh Yk	Zo		332	4.32, 4.31	Inde
Xh44-2a	Yh Yk			897	1.91	Inde
Xk4-1b				56	3.71	Iran

TABLEAU 4. — ASSOCIATIONS DE SOLS ET INFORMATIONS CORRESPONDANTES (suite)

Symbole	Sols associés	Inclusions	Phase	Superficie (1 000 ha)	Climat	Localisation
Xk4-1b			pierreuse	107	6.78	Afghanistan
Xk4-1b			pierreuse	128	3.71	Iran
Xk4-2b				847	3.71, 6.78	Afghanistan
Xk5-2/3a	Rc		pierreuse	2 167	3.24, 6.74, 6.91, 8.3	Iran
Xk5-3ab	Rc			2 325	6.62, 6.72, 6.74, 6.78, 6.87	Iran
Xk9-2/3a	Xy			1 473	6.87	Syrie
Xk9-2/3a	Xy			847	6.87	Irak
Xk19-2a		Zo		622	4.22	Pakistan
Xk19-2a		Zo		2 711	4.22	Inde
Xk21-3b	Xl	I		123	6.13	Israël
Xk22-2/3b	Xl	G I Z	saline	106	6.82	Jordanie
Xk25-2c	I Rc	Lc Z	pierreuse	1 043	3.27, 6.87	Jordanie
Xk25-2c	I Rc	Lc Z	pierreuse	35	6.87	Syrie
Xk26-2/3a		Rc Vc		344	6.87	Irak
Xk26-2/3a		Rc Vc		1 422	3.24, 6.87	Syrie
Xk26-2/3a		Rc Vc	pierreuse	126	6.87	Syrie
Xk26-2/3a		Rc Vc	pierreuse	68	6.18	Liban
Xk27-2ab	Xl	Rc I	pétrocalcique	1 462	6.12, 6.87	Syrie
Xk28-b	Vc	I	lithique	31	6.87	Iran
Xk28-b	Vc	I	lithique	1 272	6.13, 6.87	Irak
Xk29-ab	E	Vc	lithique	31	6.74	Irak
Xk32-3a	Gc Rc			258	6.74, 6.87	Iran
Xk33-3a	Rc Zo		saline	56	6.87	Iran
Xk34-2ab	Rc	Bc		231	6.74	Iran
Xk35-2/3a	So		saline	216	4.21	Pakistan
Xk35-3a	So		sodique	236	6.74, 6.91	Iran
Xk36-3a	Rc	Zo		278	6.87	Iran
Xk37-2b	Zo			19	6.78	Iran
Xy4-2/3a	Xk	Rc I	pierreuse	78	6.87	Irak
Xy4-2/3a	Xk	Rc I	pierreuse	1 897	6.87	Syrie
Xy5-a	I Rc	Vc		656	6.13, 6.87	Irak
Y13-ab	R		saline	521	3.71	Iran
Y14-1a		Z		44	6.91	Iran
Yh3-1/2a	I			16 788	3.24, 3.27, 3.13	Arabie Saoudite
Yh22-1ab	Qc Yk	Rc Jc Z		2 461	3.11	Yémen, Rép. arabe du
Yh22-1ab	Qc Yk	Rc Jc Z		1 738	3.11	Arabie Saoudite
Yh22-1ab	Qc Yk	Rc Jc Z		1 406	3.11, 3.24	Yémen, Rép. dém. pop. du
Yh22-1ab	Qc Yk	Rc Jc Z		466	3.13, 3.11	Oman
Yh22-1ab	Qc Yk	Rc Jc Z		60	3.13, 3.24	Emirats arabes unis
Yh23-2ab	Rc Yk	Zo		4 664	6.78, 3.71, 6.79	Afghanistan
Yh23-2ab	Rc Yk	Zo		386	6.91	Iran
Yh23-3a	Rc Yk	Zo		175	6.91	Iran
Yh24-3a		Jc		139	3.15	Iran

TABLEAU 4. — ASSOCIATIONS DE SOLS ET INFORMATIONS CORRESPONDANTES (suite)

Symbole	Sols associés	Inclusions	Phase	Superficie (1 000 ha)	Climat	Localisation
Yh25-3a	Yk	Zo Rc	saline	153	6.62	Iran
Yh26-2/3a		Zo	saline	7 510	3.23, 4.22	Pakistan
Yh26-2/3a		Zo	saline	3 982	4.22	Inde
Yh27-2a	Zo	Jc Qc		5 645	3.23, 4.22, 4.31	Pakistan
Yk6-3ab	I		péetrocalcique	563	3.27	Irak
Yk24-2/3bc	I	R Z Yy	lithique/pierreuse	353	6.81, 6.82	Israël
Yk24-2/3bc	I	R Z Yy	pierreuse/lithique	26	6.82	Jordanie
Yk25-1/2a	I Yl	Jc Z	lithique/pierreuse	9 648	3.24, 3.13, 3.11	Oman
Yk25-1/2a	I Yl	Jc Z	lithique/pierreuse	17 376	3.24, 3.27	Arabie Saoudite
Yk25-1/2a	I Yl	Jc Z	lithique/pierreuse	60	3.35	Bahreïn
Yk25-1/2a	I Yl	Jc Z	lithique/pierreuse	1 360	3.24	Qatar
Yk25-1/2a	I Yl	Jc Z	lithique/pierreuse	11 233	3.24, 3.11, 3.13	Yémen, Rép. dém. pop. du
Yk25-1/2a	I Yl	Jc Z	lithique/pierreuse	1 956	2.35, 3.24, 1.82, 3.11	Yémen, Rép. arabe du
Yk26-1a	Qc			563	3.24, 3.27	Irak
Yk26-1a	Qc		péetrocalcique	398	3.24	Emirats arabes unis
Yk26-1a	Qc		péetrocalcique	125	3.27	Irak
Yk26-1ab	Qc		péetrocalcique	2 397	3.13	Oman
Yk26-1ab	Qc		péetrocalcique	502	3.13, 3.24	Emirats arabes unis
Yk26-1ab	Qc		péetrocalcique	1 123	3.13	Yémen, Rép. dém. pop. du
Yk26-1ab	Qc		péetrocalcique	9 774	3.24, 3.27, 3.13	Arabie Saoudite
Yk27-2a	Z	I		1 376	3.27, 3.24, 3.13	Arabie Saoudite
Yk28-1a	Rc	I	pierreuse	3 113	3.13, 3.24, 3.11	Yémen, Rép. dém. pop. du
Yk28-1a	Rc	I	pierreuse	395	3.13, 3.24, 1.82, 3.24	Emirats arabes unis
Yk28-1a	Rc	I	pierreuse	3 462	3.24, 3.13, 3.11	Oman
Yk28-1a	Rc	I	pierreuse	1 424	3.13, 3.24	Yémen, Rép. arabe du
Yk28-1a	Rc	I	pierreuse	55	3.24	Jordanie
Yk28-1a	Rc	I	pierreuse	144	3.27	Irak
Yk28-1a	Rc	I	pierreuse	379	3.24, 6.81	Koweït
Yk28-1a	Rc	I	pierreuse	19 527	3.27	Arabie Saoudite
Yk29-1/2a	Rc	Z	pierreuse	987	3.24, 3.27	Arabie Saoudite
Yk30-bc	I	Rc		5 763	6.87, 3.27	Afghanistan
Yk31-2/3ab	Rc	I Jc Zo		6 766	3.27, 6.87, 6.78	Afghanistan
Yk31-2/3ab	Rc	I Jc Zo		1 472	3.71, 6.81, 6.87, 6.91	Iran
Yk32-a	I Yl		pierreuse	1 853	3.27	Arabie Saoudite
Yk32-a	I Yl		pierreuse	7 622	3.24, 3.27	Irak
Yk32-a	I Yl		lithique	176	3.24	Arabie Saoudite
Yk32-a	I Yl		lithique	5 260	3.24, 3.27	Irak
Yk34-b	I	Yy	péetrogypsiq	1 206	3.27, 6.87	Irak
Yk34-b	I	Yy	péetrogypsiq	42	6.87	Iran
Yk35-3a	Rc Zo		saline	1 353	3.27, 3.71, 6.81, 6.87, 6.91	Iran
Yk36-2/3a	Rc Zo	I	pierreuse	562	4.22, 3.23	Inde
Yk36-2/3a	Rc Zo	I	pierreuse	9 205	3.15, 3.24, 3.27, 3.71, 6.81, 6.87	Iran



TABLEAU 4. — ASSOCIATIONS DE SOLS ET INFORMATIONS CORRESPONDANTES (suite)

Symbole	Sols associés	Inclusions	Phase	Superficie (1 000 ha)	Climat	Localisation
Yk36-2/3a	Rc Zo	I	pierreuse	236	3.27	Afghanistan
Yk36-2/3a	Rc Zo	I	pierreuse	7 428	1.92, 3.23, 3.27, 4.22, 6.81, 6.84, 6.87	Pakistan
Yk37-3ab	Zo	I	pierreuse	1 492	3.71, 6.74, 6.78	Iran
Yk38-3a	Rc Yh	Zo	pierreuse	8 591	3.24, 3.71, 6.74, 6.91, 8.3	Iran
Yk39-3a	Qc	Rc Zo		216	3.23	Pakistan
Yk40-2/3a	Zo		saline	13	4.31	Inde
Yk40-2/3a	Zo		saline	1 627	1.92, 4.31	Pakistan
Yk41-2a	Rc	Yy Zo		161	4.22, 3.23	Inde
Yk42-2a		Zo		1 161	3.23, 4.22	Pakistan
Yl19-3ab	I Yk	Rc	pierreuse	1 372	3.27	Syrie
Yl19-3ab	I Yk	Rc	pierreuse	2 550	3.27	Irak
Yl19-3ab	I Yk	Rc	pierreuse	8 123	3.27	Arabie Saoudite
Yl19-3ab	I Yk	Rc	pierreuse	4 713	3.24, 3.27	Jordanie
Yl19-3ab	I Yk	Rc	pierreuse	654	3.13, 3.24	Yémen, Rép. arabe du
Yl19-3ab	I Yk	Rc	pierreuse	369	3.24	Yémen, Rép. dém. pop. du
Yl20-3a	Yk	Yy		97	3.27	Irak
Yl20-3a	Yk	Yy		28	3.27	Syrie
Yt3-3a		Zo		6	3.71	Afghanistan
Yy7-2/3a	Yk Zo	Jc	pétrogypsiq	161	3.27	Jordanie
Yy7-2/3a	Yk Zo	Jc	pétrogypsiq	51	3.27	Arabie Saoudite
Yy10-2ab	I Yk		pétrogypsiq	786	3.13, 3.24	Oman
Yy10-2ab	I Yk		pétrogypsiq	4 885	3.13, 3.24	Yémen, Rép. dém. pop. du
Yy10-2/3a	I Yk		pétrogypsiq	3 515	3.27	Syrie
Yy10-2/3a	I Yk		pétrogypsiq	4 269	3.27, 6.87	Irak
Yy11-2/3a	Yk	I	pierreuse	774	3.27	Syrie
Yy12-a	I	Yk	pétrogypsiq/pierreuse	1 809	3.24, 3.27, 6.87	Irak
Yy12-a	I	Yk	pétrogypsiq/pierreuse	95	3.24	Arabie Saoudite
Yy12-a	I	Yk	pétrogypsiq/pierreuse	591	3.24, 6.81	Koweït
Yy13-a	I		pierreuse	516	3.27, 6.87	Irak
Zg3-2/3a	Zo			842	3.11	Arabie Saoudite
Zg3-2/3a	Zo			290	3.13, 3.11	Oman
Zg3-2/3a	Zo			670	3.24	Emirats arabes unis
Zg3-2/3a	Zo			225	3.24	Qatar
Zg3-3a	Zo			377	3.23, 3.27, 6.87	Pakistan
Zg3-3a	Zo			6	6.77	Iran
Zg4-3a		Je Jt		634	1.46	Birmanie
Zg6-2/3a				495	1.92	Pakistan
Zg6-2/3a				562	1.91, 4.31	Inde
Zg13-2/3a	So Zt	Yy Jc		95	4.31	Pakistan
Zg13-2/3a	So Zt	Yy Jc		1 820	4.32, 4.31	Inde
Zg14-2a	S	Jt Ws Vp	sodique	180	1.35	Sri Lanka
Zo7-2/3a	Zg			191	3.27	Afghanistan

TABLEAU 4. — ASSOCIATIONS DE SOLS ET INFORMATIONS CORRESPONDANTES (*fin*)

Symbole	Sols associés	Inclusions	Phase	Superficie (1 000 ha)	Climat	Localisation
Zo7-2/3a	Zg			1 056	3.24, 6.87	Irak
Zo7-2/3a	Zg			1 283	3.71, 6.81	Iran
Zo7-3a	Zg			32	4.32	Inde
Zo10-2/3a	Jc	Yk		35	3.24	Jordanie
Zo18-2ab	I	Yk		2 333	3.24	Arabie Saoudite
Zo19-1/2ac	I	Rc Qc		889	3.24	Arabie Saoudite
Zo19-1/2ac	I	Rc Qc		419	3.13, 3.24	Emirats arabes unis
Zo20-1/2a	Yh	Rc		1 938	3.11, 3.24	Arabie Saoudite
Zo21-3a	So Yk	Jc		17 272	3.24, 3.71, 3.15, 6.74, 6.77, 6.81, 6.87, 6.91	Iran
Zo21-3a	So Yk	Jc		2 733	3.27	Afghanistan
Zo22-2/3a	Zm	Jc Vc		2 541	3.24, 3.27, 6.87	Irak
Zo22-2/3a	Zm	Jc Vc		22	6.81	Iran
Zo23-2/3a	Jc Vc Zm			2 966	3.24	Irak
Zo24-3b	Rc Yk			931	3.71, 6.91	Iran
Zo25-3a	Zt	Rc		661	3.71	Iran
Zo26-3a	Zg Zt	Ge		306	6.72, 6.77	Iran
Zo27-3a	Yk Zg			3 772	3.15, 3.71	Iran
Zo27-3a	Yk Zg			111	6.84	Pakistan
Zo28-3a	Zt	Zg Jc		116	6.81	Irak
Zo28-3a	Zt	Zg Jc		564	6.81	Iran
Zo28-3a	Zt	Zg Jc		209	6.81	Koweït
Zo29-3a	Rc Yh	Jc		25	3.23	Pakistan
Zo29-3a	Rc Yh	Jc		368	3.23	Inde
Zo30-2a		Jc		39	1.48	Inde
Zo31-3a	So		sodique	61	1.46	Inde
Zo32-3a	Jt So			97	1.24	Inde
Zo33-2/3a		I Yk		28	6.81	Israël
Zo33-2/3a		I Yk		39	6.81	Jordanie

## 6. UTILISATION ET VOCATION DES SOLS

L'utilisation des terres dans une zone donnée dépend du sol, du climat, des caractéristiques hydrologiques et des conditions socio-économiques. Le sol n'est donc que l'un des facteurs qui influent sur l'utilisation des terres, bien qu'il soit très souvent déterminant. Ainsi, les légumes ne sauraient être cultivés sur des régosols pierreux ou des acrisols plinthisques, et la fruticulture et l'arboriculture se pratiquer sur des vertisols. Dans d'autres cas, le climat, le régime hydrologique ou les facteurs socio-économiques peuvent être plus importants que le sol. En Asie du Sud, les vastes étendues désertiques ne servent qu'à de maigres pâtures étant donné la faiblesse des précipitations. De même, les zones très froides de haute montagne ne sont guère utilisables du fait des basses températures. Dans le delta du Gange, au Bangladesh, les terres sont pour la plupart si inondées pendant tout l'été que l'on ne peut y cultiver que du riz. De vastes régions de l'Asie du Sud sont de plus vouées à une agriculture de subsistance, le cultivateur étant illettré et souvent trop pauvre pour acheter des engrais, des insecticides et un meilleur outillage agricole.

De la Birmanie, l'Inde et Sri Lanka à l'est à la Syrie, le Liban et l'Arabie Saoudite à l'ouest, la région de l'Asie du Sud a été habitée depuis les temps les plus reculés. L'utilisation des terres y a évolué en fonction des conditions du sol, du climat, de l'hydrologie, de l'état des connaissances et des considérations d'ordre économique. En conséquence, dans ces conditions, les densités de population se sont modelées sur le potentiel des terres et c'est ainsi que l'on trouve à la fois, dans l'Asie du Sud, des zones extrêmement peuplées (Bangladesh) et d'autres où la population est très clairsemée (Arabie Saoudite). Au Bangladesh, la plaine d'inondation du Gange comporte des fluvisols fertiles, elle est abondamment arrosée tant par les pluies que par les crues, bénéficie de hautes températures, et permet deux à trois récoltes de riz par an. Aussi la densité de la population y dépasse-t-elle maintenant 300 habitants au kilomètre carré. Par contre, les conditions désertiques qui règnent en Arabie Saoudite n'ont jamais permis à la population de dépasser 10 habitants au kilomètre carré.

Dans de nombreuses régions, les conditions existant à l'origine ont changé au cours des vingt dernières années. De nouveaux projets d'irrigation ont été exécutés, soit pour mettre en culture d'autres zones, soit pour garantir la production agricole des terres déjà exploitées. C'est ainsi que, dans certaines parties d'Israël, l'irrigation a permis de passer de la culture céréalière à la polyculture qui comprend les arbres fruitiers, l'élevage et l'aviculture. En Jordanie et en Arabie Saoudite, quelques zones désertiques ont été mises sous irrigation en recourant à des puits tubulaires creusés dans une couche de grès contenant une nappe aquifère étendue. L'adoption de nouvelles techniques permet d'augmenter le rendement des cultures de plus de 100 pour cent. On peut donc s'attendre à des changements majeurs dans l'utilisation des terres, du moins dans certaines régions. A titre d'exemple, les cultures fourragères et fruitières pourraient remplacer celles de céréales dans les régions montagneuses de la Syrie et du Pakistan.

Les conditions écologiques de l'Asie du Sud étant extrêmement variées, l'utilisation des terres est de ce fait très diversifiée, allant de la production de fruits tropicaux et de cultures commerciales telles que le thé, les cocotiers, le café, etc., au pâturage extensif médiocre et à la production de fruits de climat tempéré. Les principaux types d'utilisation des terres sont décrits brièvement dans les paragraphes ci-après et de plus amples détails sont fournis à ce sujet sous chaque unité pédologique.

Dans les zones à fortes précipitations, telles que la Birmanie, Sri Lanka, l'est et le sud-est de l'Inde et, en Iran, la côte de la Caspienne, le riz constitue la principale culture. On la pratique surtout en utilisant l'eau des pluies ou celle des crues des cours d'eau, et l'on en tire en bien des endroits plus d'une récolte par an. Très peu d'engrais est employé: on se borne à apporter un peu de fumier tous les trois ou quatre ans. En hiver, une grande partie de ces zones rizicoles sont cultivées en légumineuses fourragères, avec du khesari (*Lathyrus sativa*) ou des pois chiches (*Cicer arietinum*) et, comme autre culture importante d'hiver, la moutarde. La fertilité est maintenue tant par les légumineuses que par de

nouveaux sédiments de limons et par l'altération des minéraux dans le sol.

Dans de nombreuses zones à relief accidenté de la Birmanie, de Sri Lanka et du nord-est de l'Inde, on pratique la culture itinérante, avec le riz comme produit principal. On défriche la forêt en abattant les arbres et en mettant le feu pour cultiver la terre pendant quelques années, puis une fois la fertilité épuisée, on l'abandonne pour aller cultiver ailleurs.

Dans les zones tropicales humides, le thé, le café, les cocotiers, les hévéas et les épices représentent des cultures très importantes. Les cocotiers et les hévéas croissent dans les plaines basses, le café au bas des collines et le thé sur les pentes d'altitude plus élevée.

En Mésopotamie et dans les plaines de l'Indus, l'agriculture dépend surtout de l'irrigation par canaux. Il en est de même pour une grande partie de la plaine alluviale du Gange. Dans ces deux plaines, les cultures sont très diversifiées: coton, canne à sucre, blé, riz, mils, maïs, légumineuses, moutarde, légumineuses fourragères, pour ne citer que les principales. Dans le delta de l'Indus, qui correspond aux zones pauvrement drainées du bassin de ce fleuve, ainsi que dans la partie est de la plaine du Gange, le paddy prédomine. Dans la plaine de Mésopotamie, les dattiers, le blé et l'orge sous irrigation, constituent les principales cultures. La riziculture n'est pratiquée que dans les zones de bas-sins ou en bordure des marais. Les plantations de dattiers sont fort bien aménagées, avec des applications de fumier presque tous les ans; par contre, le blé et l'orge sont moins bien traités et ne reçoivent guère d'engrais. Les cultures fourragères sont quasiment inconnues et les légumineuses fourragères n'ont été introduites que récemment.

Dans les plaines de Mésopotamie et de l'Indus, l'eau est limitée par rapport aux vastes étendues de bonnes terres. Aussi les cultures y sont-elles peu intenses, et une grande partie des terres reste-t-elle en jachère. S'il est vrai que ce faible coefficient d'exploitation a contribué à tenir en échec le problème du drainage, il est maintenant nécessaire d'instaurer un drainage pour lutter contre la salinité et l'élévation de la nappe phréatique. Au Pakistan, on a recours, dans certaines régions, à des puits tubulaires pour abaisser cette nappe. Pour le moment, ces puits ne sont installés que dans les zones où la nappe phréatique n'est pas fortement saline et peut servir à compléter l'eau fournie par les canaux. Quelques drains de surface ont été aménagés pour évacuer l'excès d'eau de pluie. En Irak, des systèmes de drainage très étudiés, par tuyaux en poterie ou à ciel ouvert, sont aussi installés dans certaines zones. Pour résoudre le problème de la salinité, il est indispensable de passer à un système de culture haute-

ment intensif, de façon que les terres soient cultivées la plupart du temps, et que les mouvements du sel et de l'eau se produisent surtout vers le bas.

Les puits sont aussi une source importante d'eau d'irrigation dans le nord de l'Inde, ainsi que dans les Etats de Maharashtra, de Tamil Nadu et du Rajasthan. L'irrigation au moyen de « réservoirs »<sup>1</sup> d'accumulation des eaux de pluie tient aussi une très grande place dans le sud de l'Inde, dans certaines parties du nord de ce pays, et à Sri Lanka. L'irrigation au moyen de puits est aussi pratiquée de manière intensive dans la partie la plus septentrionale des plaines de l'Indus au Pakistan.

Dans les zones subhumides et semi-arides, les terres servent principalement à la culture non irriguée du blé, de l'orge et des mils, tandis que, dans le centre de l'Inde, les mils couvrent en été la majeure partie des terres cultivées. Dans les zones à précipitations plus abondantes, le coton occupe une grande place. En hiver, on fait des légumineuses et des graines oléagineuses. Le blé et l'orge sont les principales cultures dans les zones semi-arides du Proche-Orient (nord-est de l'Irak, par la Syrie septentrionale, jusqu'au Liban, à la Jordanie et à Israël). Les terres sont laissées en jachère pendant un an, et du blé ou de l'orge sont cultivés l'année suivante. Ce schéma de culture n'est différent que dans les zones où se pratique l'irrigation, comme en Israël.

Dans les zones arides, les terres sont surtout utilisées comme pâture pour les chèvres, les moutons et le gros bétail. C'est le cas de vastes étendues en Arabie Saoudite, en Irak, en Syrie, en Jordanie, en Iran, en Afghanistan, au Pakistan et dans l'ouest de l'Inde. L'utilisation des terrains de pâture n'y est soumise à aucun contrôle et le surpâturage est général, excepté dans les zones éloignées des points d'eau. Le sud-ouest de la péninsule Arabique, cependant, dispose de pâturages communaux bien gérés depuis au moins le début de l'Islam.

Dans les vallées arides de montagne, on utilise un système d'irrigation par canaux souterrains, grâce auxquels les eaux du sous-sol, captées dans les graviers des cônes de déjection, sont amenées dans le fond de la vallée par un tunnel reliant une série de puits. Ces canaux sont appelés « karez » au Pakistan, « ghanats » en Iran et « fuggaras » en Jordanie. L'eau s'écoule par gravité et sert à irriguer les champs de blé ainsi que quelques cultures de fruits et légumes. Dans certaines zones, ce système d'irrigation commence à être remplacé par des puits tubulaires munis de moteurs diesel ou électriques.

<sup>1</sup> Barrages en terre réalisés en érigeant des digues autour d'un espace que l'on a creusé, et qui sont utilisés pour emmagasiner les eaux pluviales. L'eau est employée pour l'irrigation pendant les périodes sèches.

Dans les vallées arides de montagne ou dans les plaines de piedmont, les terres sont utilisées pour un autre type de culture, à savoir celle du blé « irrigué » par les torrents. Il ne s'agit pas à proprement parler de culture irriguée ou pluviale, et la production varie considérablement d'une année à l'autre en raison de l'incertitude des précipitations. L'eau des torrents de montagne est détournée pendant leurs crues, courtes et violentes, au moyen de barrages de terre peu élevés édifiés en travers du lit et conduite par des canaux jusqu'aux champs, qui sont pourvus de hautes digues pour en permettre une profonde submersion.

On examinera maintenant en détail l'utilisation des terres suivant les différentes unités pédologiques. Celles-ci sont traitées successivement selon l'ordre alphabétique des symboles.

#### A. Acrisols

##### Af. ACRISOLS FERRIQUES

*Utilisation.* Ces sols se rencontrent surtout dans le nord-est de l'Inde et le sud et l'ouest de la Birmanie. Leur relief est ondulé à vallonné. Dans les deux pays, ils sont le plus souvent sous forêt. En Inde, certaines zones sont utilisées pour la culture itinérante de riz et de pommes de terre. En Birmanie, de petites zones ne donnent que de médiocres récoltes de riz, de sorgho et de sésame.

*Vocation.* Ces sols ont atteint un stade avancé d'altération; ils sont de ce fait très acides et pauvres en bases et en phosphates. Néanmoins, leur condition physique est bonne et ils conviennent bien aux plantations de thé, d'hévéas et de cacao, mais moins que les acrisols humiques. Les ananas et autres fruits tropicaux y prospèrent aussi, mais ils ont besoin de gros apports de phosphates, de potasse et d'azote. On peut y cultiver le riz et la canne à sucre, mais ils exigent, si l'on veut y maintenir des rendements élevés, des soins particuliers, y compris l'application d'engrais complets et de chaux. Sur les terrains en pente, il est préférable de conserver la forêt.

##### Ag. ACRISOLS GLEYIQUES

Voir la rubrique Lg. Luvisols gleyiques.

##### Ah et Ao. ACRISOLS HUMIQUES ET ORTHIQUES

*Utilisation.* Ces sols se trouvent dans les zones humides tropicales du sud-ouest et du nord-est de l'Inde, dans la partie centrale de Sri Lanka et dans

de petites zones du Bangladesh. Ils occupent des sites de collines bien drainés et constituent un bon terrain pour les plantations d'hévéas et les cultures fruitières. En Birmanie, ils sont surtout recouverts de bambous et de buissons, par suite de la destruction de la forêt par la culture itinérante. Quelques zones sont plantées d'hévéas ou d'arbres fruitiers. A Sri Lanka, ces sols sont surtout sous forêt, mais ils supportent aussi les meilleures plantations de cacao, ainsi que du thé, des cocotiers, des hévéas et des arbres fruitiers. Légumes et tabac sont cultivés dans une zone spéciale sous le vent abritée des pluies. L'agriculture sédentarisée n'est pratiquée dans les zones à faibles précipitations que lorsqu'une source d'eau d'irrigation existe.

En Inde, ces sols servent à de maigres cultures de mils, de légumineuses et de moutarde. Dans l'Etat de Kerala, les plantations de thé, d'hévéas, de cocotiers et d'aréquier croissent sur les acrisols humiques. Sur certaines pentes, ils sont aménagés en terrasses pour la culture du riz. Les sols peu profonds sont exclusivement réservés au pâturage. Dans le nord-est de l'Inde (Etat d'Assam), on y pratique la culture itinérante, surtout celle du riz. Dans quelques zones, on trouve des plantations de thé. On y cultive des graines oléagineuses, divers mils et parfois du coton, souvent en alternance avec le riz, et, autour des fermes, des arbres fruitiers, des bananiers, des légumes et du tabac.

*Vocation.* Ces sols, qui ont atteint un stade avancé d'altération, n'ont plus qu'une faible fertilité naturelle et sont spécialement pauvres en phosphates. Il faut donc leur apporter des phosphates, de l'azote, de la potasse et parfois de la chaux pour y maintenir un rendement élevé des cultures appropriées. Lorsque le climat le permet, ces sols conviennent bien à la production de thé, de café, de caoutchouc et de fruits tropicaux. Sur les terrains en pente, la culture en terrasses est nécessaire pour empêcher l'érosion. La culture itinérante crée également de sérieux problèmes d'érosion et devrait être remplacée par une agriculture sédentarisée afin d'éviter que le sol ne se détériore davantage. Les superficies qui occupent des emplacements élevés sont bien drainées, parfois même un peu trop, et pâtissent souvent de la sécheresse, comme en Birmanie et au Bangladesh. Lorsqu'il en est ainsi, l'irrigation par puits tubulaires peut grandement améliorer la production agricole.

##### Ap et Lp. ACRISOLS PLINTHIQUES ET LUVISOLS PLINTHIQUES

Ces sols se rencontrent en Inde dans les zones voisines de la côte orientale et dans le sud, près de

la côte occidentale, ainsi que dans quelques régions de Sri Lanka et sur les contreforts des montagnes de Birmanie. Comme ils représentent les vestiges de surfaces anciennes érodées, on y trouve des concrétions ferrugineuses à la surface ou à faible profondeur. Ils sont sous végétation de brousse forestière ou de graminées et plus ou moins utilisés comme terrains de pâture. D'une manière générale, ils ne conviennent pas à l'agriculture et peuvent être laissés sous végétation permanente. Avec des soins spéciaux, y compris l'application d'engrais complets et de chaux, certaines zones pourraient être utilisées pour la production de sorgho, de maïs, d'arachides et de fruits.

## B. Cambisols

### Bc. CAMBISOLS CHROMIQUES

*Utilisation.* Ces sols se rencontrent principalement dans les régions à climat subhumide de l'est et du sud de l'Inde, et dans de petites parties de la Birmanie. Ils servent à la culture non irriguée de mils, de sorgho, de sésame, de moutarde et de graines de ricin. Dans l'est de l'Inde, l'orge occupe aussi une grande place, et le riz est cultivé partout où l'on peut disposer d'un supplément d'eau pour l'irrigation.

*Vocation.* Ces sols, vu surtout la faiblesse des précipitations, la médiocrité de la fertilité et l'érosion, ne peuvent produire de bonnes récoltes que par l'apport d'eau d'irrigation, l'épandage d'engrais et l'application de mesures judicieuses de conservation. Ils conviennent aux mils, au sésame, au lin et au pois cajan (*Cajanus indicus*), sans irrigation, et au riz, au coton, à la canne à sucre et aux fruits tropicaux avec irrigation.

### Bd. CAMBISOLS DYSTRIQUES

*Utilisation.* Ces sols se rencontrent surtout dans les zones à fortes précipitations des montagnes de l'Himalaya en Inde, au Népal, au Bhoutan et au Pakistan, ainsi qu'au Bangladesh. On les trouve aussi en Syrie, au Liban, dans le nord de l'Iran et l'ouest de la Birmanie. Ils occupent en général des pentes modérées à fortes, le plus souvent sous forêt, à moins qu'ils ne soient utilisés comme pâturages. Une faible partie de ces zones est aménagée en terrasses pour y cultiver du riz sous irrigation ou du maïs, du blé, des pommes de terre et des fruits (pommes et poires) sans irrigation. En Iran, au Bangladesh et dans le nord-est de l'Inde (Assam et Bengale occidentale), certaines superficies de ces sols sont utilisées pour des plantations de thé. Aux altitudes dépassant

3 000 m (au Népal en particulier), l'orge et le blé représentent les principales cultures; on cultive le maïs et les divers mils jusqu'à 3 000 m, et les pommes de terre jusqu'à 4 000 mètres.

*Vocation.* En raison de leurs fortes pentes, ces sols subissent une érosion intense, à moins d'être convenablement aménagés en terrasses. Ils conviennent aux forêts et aux pâturages en exploitation contrôlée. Grâce à des mesures intensives de conservation, comme l'aménagement de terrasses avec murettes, ils peuvent servir à la culture des arbres fruitiers (poires, pommes), des pommes de terre, du maïs et du blé. Sous irrigation par captage de sources, on peut y produire du riz jusqu'à 2 000 m d'altitude. Les sols de limon argilo-sableux et limoneux ayant un bon drainage interne comptent parmi les meilleurs pour les plantations de thé.

Les cambisols dystriques sont pauvres en éléments nutritifs, spécialement en phosphates et en bases. Pour y maintenir un rendement élevé des cultures, il faut leur appliquer de la potasse, de l'azote et de la chaux en plus des phosphates. Comme leur teneur en matières organiques est suffisante pour les garder en bonne condition physique, ils réagissent bien aux apports d'engrais et aux autres aménagements judicieux.

### Be, Bk et Bv. CAMBISOLS EUTRIQUES, CALCIQUES ET VERTIQUES

*Utilisation.* Ces sols, que l'on rencontre sous les climats subhumides à semi-arides, sont surtout utilisés pour la culture non irriguée du blé, du sorgho et de l'orge, habituellement suivis d'une année de jachère. En Birmanie, on y pratique aussi la culture du riz dans les terres basses et celle du maïs, du sorgho et du sésame sur les sites moyennement bien drainés. On cultive aussi les piments, les arachides et les haricots sur les sols normalement drainés. Les parties irriguées sont réservées au riz, aux légumes et au maïs. L'irrigation commence à apparaître dans quelques nouvelles zones. Au Pakistan, une partie de ces sols est irriguée par canaux pour y faire de la canne à sucre, du tabac, des fruits, du maïs, du blé et des plantes fourragères. Dans la zone non irriguée, la principale culture est le blé, semé après une année de jachère et suivi immédiatement par du sorgho. Pendant la période de jachère, le terrain est utilisé comme pâture pendant l'hiver, mais labouré après chaque pluie en été pour conserver l'humidité apportée par celle-ci, en vue de la culture du blé. Dans certaines zones, on cultive intensément les arachides, spécialement sur les sols limoneux. En Inde et à Sri Lanka, ces sols sont utilisés surtout pour la canne à sucre, les arachides,

le maïs, le sésame et les piments, et, dans les terres basses, pour le riz. Dans les Etats indiens du Gujerat et de Maharashtra, les principales cultures non irriguées sont les mils, le riz, les arachides, le blé et les graines de ricin, et, sous irrigation, la canne à sucre, le coton, le blé et le sorgho. Dans la plaine du Gange, ces sols servent surtout à la culture irriguée du blé, du riz, de la canne à sucre, des légumineuses et des plantes fourragères.

La riziculture, irriguée ou non, prédomine dans la région montagneuse de l'Inde et du Népal. Dans la partie orientale de cette région, on fait parfois deux récoltes de riz par an. Dans la partie occidentale, au Cachemire et dans certaines zones du Pakistan, on cultive surtout du maïs, en même temps que du riz irrigué et des pommes de terre. Dans l'Etat d'Assam, au nord-est de l'Inde, certaines superficies de cambisols eutriques sont plantées en thé sur les hauteurs. Au Népal, on cultive aussi le jute et la canne à sucre. Dans les zones accidentées de grande altitude, on produit des pommes et du maïs sous irrigation. Le blé croît jusqu'à 4 000 m et l'orge jusqu'à 5 000 m. Au Népal et en Inde, la culture itinérante est pratiquée dans certaines zones par les tribus montagnardes qui, à cette fin, déboisent le terrain par abattage et brûlis, puis le binent et y sèment les graines au plantoir ou à la volée. Les principales cultures sont le riz, les mils et les graines oléagineuses. Au bout de deux ou trois ans, la terre est laissée en jachère et une nouvelle superficie est mise en culture. Cette pratique entraîne la détérioration de la forêt et une très forte érosion. Au Liban, on produit, sans irrigation, des olives, des raisins et du blé, et, sur les terres irriguées, des pommes, des agrumes et des légumes.

En Iran, les cambisols calciques des pentes nord de l'Elbourz sont surtout consacrés au riz, tandis que quelques cambisols eutriques de grande altitude sont plantés en thé. Sur les cambisols calciques des pentes sud de l'Elbourz, de même que dans les zones montagneuses du plateau central iranien et du Zagros, on trouve, comme cultures importantes, des pistachiers et des amandiers.

*Vocation.* Sauf sur les fortes pentes, ces sols constituent de bons terrains agricoles. Les principaux problèmes tiennent au manque d'humidité dû à l'insuffisance des précipitations et à l'érosion par l'action des eaux. Un complément d'eau d'irrigation leur est nécessaire pour obtenir de hauts rendements. Dans les vallées de montagne de l'Himalaya, les pluies sont en général suffisantes pour de bonnes récoltes de maïs et de blé, le seul facteur restrictif étant les basses températures hivernales. Ce sont des sols très fertiles, qui n'ont besoin que d'azote et de phosphore pour donner des rendements élevés. Il

leur faut de la potasse quand ils ont été traités à l'azote et au phosphore pendant un certain nombre d'années. Leur teneur en matières organiques est en général suffisante, et il est facile d'en faire de bonnes terres arables. Avec un complément d'irrigation, on peut y cultiver encore beaucoup d'autres végétaux, suivant le climat.

Dans les zones accidentées, tous les cambisols conviennent à la production de fruits de régions tempérées tels que les pommes, et les cambisols eutriques sont également très propices aux plantations de thé. Dans les zones subhumides avec régime de pluies d'été, comme au Pakistan, on peut accroître la production végétale en cultivant des légumineuses pendant la période de jachère, ou bien en substituant au blé des cultures d'été: par exemple, arachides sur les sols limoneux et sorgho sur les sols argileux. Des apports de phosphates sont toutefois nécessaires pour une production soutenue d'arachides ou d'autres légumineuses.

L'érosion par l'eau pose un problème extrêmement sérieux et exige que soient prises des mesures judicieuses pour l'enrayer. Dans les régions de collines, la culture itinérante cause de très gros dégâts. Il faut donc amener les cultivateurs à cesser ces pratiques et à adopter une agriculture sédentarisée, celle-ci devant cependant se limiter aux sols profonds situés sur des pentes modérées; tous les sols peu profonds et en forte pente devraient rester ou être reconvertis en forêts.

#### Bf. CAMBISOLS FERRALIQUES

*Utilisation.* Ces sols recouvrent de petites zones de l'ouest de l'Inde et de la Birmanie, en association avec des nitosols. Leur relief est ondulé à vallonné. On y cultive les mils, le blé et la graine de lin. Certaines zones sont sous brousse forestière.

*Vocation.* Ces sols sont peu fertiles et spécialement pauvres en phosphates. En raison de leur relief ondulé à vallonné, ils souffrent autant de l'érosion que de la sécheresse. Ils conviennent aux mils et au blé et peuvent, moyennant quelques mesures de conservation telles que l'aménagement de terrasses et l'apport des engrais voulus, donner de bonnes récoltes.

#### Bh. CAMBISOLS HUMIQUES

*Utilisation.* Les cambisols humiques se rencontrent surtout dans la jungle marécageuse du Terai, située au pied de l'Himalaya en Inde, au Népal et au Bangladesh, ainsi que dans quelques zones de l'ouest de la Birmanie. Ils sont peu utilisés pour l'agriculture et restent surtout sous forêt. Le riz est la principale culture où la forêt a été défrichée, comme

dans l'extrême nord du Bangladesh, et il existe quelques plantations de thé dans le nord de l'Inde.

*Vocation.* Ces sols, souvent assez sableux et rapidement perméables, se prêtent mal à la culture du riz en années de précipitations inférieures à la moyenne et exigent un supplément d'irrigation. Leur drainage en vue de leur culture en sec, pendant la saison de la mousson, serait peut-être une bonne solution, mais les variétés végétales convenant à ce type de culture risquent d'avoir besoin, pendant la saison sèche, de quantités excessives d'eau et de fumures spéciales, en particulier s'il s'agit de canne à sucre ou de légumineuses.

#### D et P. Podzoluvisols et podzols

*Utilisation.* Les podzoluvisols dystriques et eutriques et les podzols humiques occupent de petites zones dans les montagnes de l'Himalaya au Népal, au Bhoutan et en Inde. Ils sont surtout sous forêts de conifères. Seules de petites superficies sont aménagées en terrasses pour du maïs, des pommes de terre, du blé et des fruits de régions tempérées.

*Vocation.* Vu le relief accidenté de ces sols, c'est la forêt qui leur convient le mieux. Pour les cultiver, l'aménagement de terrasses est indispensable. Il faut également leur appliquer de la chaux, des phosphates et de la potasse pour en tirer de bons rendements. Fruits de régions tropicales, pommes de terre et maïs sont les cultures les plus appropriées.

#### E. Rendzines

*Utilisation.* Ces sols se présentent sous forme d'inclusions dans les lithosols au Liban, en Syrie, en Irak, en Israël et en Jordanie. Du fait de leur manque de profondeur et de leur forte teneur en chaux dans le sous-sol, ils sont secs et peu fertiles. Ils sont surtout utilisés comme jachère ou comme pâturage. Dans certaines zones, on y cultive des olives ou des figues, avec ou sans irrigation. On trouve aussi quelques champs de blé et d'orge non irrigués. Au Liban et en Israël, on les exploite actuellement pour produire sous irrigation des légumes, des fruits et de la vigne.

*Vocation.* Les rendzines conviennent surtout à la forêt et au pâturage. Ce n'est qu'avec des aménagements spéciaux qu'on peut y pratiquer la culture irriguée de quelques légumes et fruits de haute valeur. Seuls les oliviers, les figuiers, la vigne, le blé, l'orge et la luzerne tolèrent la forte teneur en chaux de

ces sols. Des recherches intensives sont en cours au Liban sur leur utilisation et les problèmes que pose leur aménagement.

#### F. Ferralsols

*Utilisation.* Ces sols n'occupent que de faibles étendues en Inde, au Népal, en Birmanie et à Sri Lanka. Les ferralsols rhodiques que l'on trouve dans la zone sèche de Sri Lanka ne sont guère utilisés, même en culture itinérante. Dans la région où les précipitations atteignent 1 500 à 2 000 mm, certains de ces sols supportent des plantations de cocotiers. Au Népal, en Inde et en Birmanie, ils sont surtout sous forêt, sauf quelques zones qui produisent de l'orge, divers mils et des graines oléagineuses.

*Vocation.* Les principales limitations de ces sols sont leur manque de fertilité et leur faible capacité de rétention de l'humidité. Ils sont cependant profonds et perméables, et où l'on peut disposer d'eau d'irrigation, ils conviennent bien à l'arboriculture. Sous culture intensive, il leur faudrait toutefois de fortes doses d'engrais phosphatés et azotés et ils risquent de manquer de certains oligo-éléments. Chaque fois que l'on dispose de sols meilleurs, il vaut mieux laisser les ferralsols sous forêt.

#### G. Gleysols

Gc, Gd et Ge. GLEYSOLS CALCAIRES, DYSTRQUES ET EUTRIQUES

*Utilisation.* Ces sols ne se trouvent sur de grandes étendues contiguës qu'en Birmanie, au Bangladesh et en Iran, mais on en rencontre de petits îlots dans presque toutes les vallées fluviales. Le drainage médiocre de tous les grands groupes de gleysols joue un rôle décisif dans leur utilisation et leurs possibilités. Les gleysols eutriques<sup>2</sup> sont largement exploités au Bangladesh sur les sites de piedmont et de terrasses basses. On y cultive surtout le riz, et également un peu de jute et de mesta (kéna). Les arbres y sont rares, excepté autour des fermes, et les cultures sèches n'y sont guère pratiquées. Dans les parties orientale et centrale plus humides du Bangladesh, les sols donnent en général deux récoltes, l'une de riz précoce semé à la volée (aus) suivie d'une de riz tardif repiqué (aman). Dans la partie plus sèche de la région de Barind, qui se prolonge jusqu'en Inde,

<sup>2</sup> On rencontre également des gleysols dystriques, dont l'utilisation et les possibilités sont identiques.



la récolte principale de riz repiqué (aman) n'est précédée de celle de riz semé que sur une faible étendue, dont l'importance varie chaque année selon l'abondance des précipitations avant la mousson.

Le riz irrigué est la principale culture pratiquée sur ces sols sur les bords de la Caspienne, dans le nord de l'Iran. Au Pakistan, les gleysols calcaires sont surtout représentés par des argiles de bassins, utilisées pour du riz sous irrigation et du blé. Les petits îlots de gleysols calcaires des vallées arides et semi-arides servent surtout aux pâtures, comme en Afghanistan. En Irak, certaines zones sont cultivées en riz, mais lorsque ces sols sont marécageux, ils sont surtout utilisés pour le pacage des buffles.

*Vocation.* Lorsque les précipitations ou les possibilités d'irrigation sont suffisantes, c'est la culture du riz qui convient le mieux à ces sols. La culture sèche y est en général impossible, avec ou sans irrigation, du fait des problèmes de drainage et de la semelle de labour prononcée qui se forme dans ces sols lorsqu'ils sont utilisés pour le riz. Sous irrigation, on peut y faire deux récoltes de riz par an. Il faut plus spécialement veiller à l'efficacité du travail de la terre (puddling) sur les sols à texture légère et sur les sols argileux qui présentent une perméabilité rapide du sous-sol. La fertilité naturelle de ces sols est en général faible, et il leur faut d'assez gros apports d'engrais (surtout d'azote et de phosphates) pour y maintenir des rendements élevés. Dans les régions à fortes précipitations, leur drainage aux fins de culture est payant, comme on l'a démontré dans une zone de gleysols humiques à Sri Lanka. Par contre, dans les zones arides et semi-arides, l'opération n'est pas rentable, ces sols exigeant un drainage intensif et bien d'autres terres meilleures pouvant être mises en valeur à moindres frais.

#### Gh. GLEYSOLS HUMIQUES

*Utilisation.* Ces sols, que l'on rencontre en association avec des cambisols humiques sur les premiers contreforts de l'Himalaya, en Inde, au Népal, et dans quelques zones de Sri Lanka, sont surtout sous forêt marécageuse. On y trouve aussi quelques superficies de gleysols molliques ayant le même couvert. Ce n'est que dans certaines zones limitées que ces sols sont cultivés en riz tardif en Inde et au Népal, et en légumes à Sri Lanka.

*Vocation.* Ces sols étant difficiles à drainer, ils conviennent surtout à la forêt. On pourrait envisager ce drainage pour y cultiver du riz, mais on n'obtiendra de bonnes récoltes qu'avec des soins particuliers, y compris l'application de chaux et

d'engrais. Il faudrait également corriger certaines carences en oligo-éléments. Il pourrait cependant être tout à fait rentable d'en drainer certaines parties pour la production de légumes, comme cela a été démontré à Sri Lanka.

#### H et K. Phaeozems et kastanozems

*Utilisation.* Les phaeozems hapliques et les kastanozems hapliques n'occupent que de faibles surfaces dans les régions montagneuses du nord de l'Irak, de l'Iran et de l'Inde et sont surtout utilisés pour la culture non irriguée de blé et d'orge, mais on y obtient également, en Iran, de bonnes récoltes de coton irrigué. Les zones non cultivées sont couvertes par des forêts et des pâturages. En Inde, certaines superficies sont utilisées pour des plantations de thé et des rizières.

*Vocation.* Lorsque ces sols sont suffisamment profonds et étendus, ils conviennent bien à l'agriculture; ils demandent surtout à être irrigués pour compenser l'incertitude des précipitations. Certaines zones de phaeozems ont également besoin d'être drainées.

#### I. Lithosols

*Utilisation.* Ces sols se rencontrent sous des climats arides à humides, et leur utilisation est extrêmement variable. Toutefois, ils sont rarement cultivés, du fait de leur manque de profondeur, de leur caractère pierreux ou rocheux, et parfois même, de leur inaccessibilité. Dans les zones semi-arides et subhumides comprises entre le Pakistan et la côte méditerranéenne, ces sols servent surtout de terrains de pâture aux troupeaux nomades de chameaux, de moutons et de chèvres. Dans les régions humides, ils sont généralement couverts de forêts, excepté aux très hautes altitudes dans l'Himalaya. Sous culture, ils ne donnent que de médiocres récoltes de riz de montagne, de sorgho, de blé, d'orge, de mils « de famine » et de moutarde, parfois en cultures mixtes, et bien souvent moyennant des méthodes culturales manuelles.

*Vocation.* Ces sols, très peu profonds, sont fondamentalement médiocres et n'offrent guère de possibilités d'améliorer la production agricole. Ils sont très atteints par l'érosion, y compris celle causée par le vent dans les zones arides. La pierrosité, les affleurements rocheux, et souvent les fortes pentes les rendent en général impropres aux labours et à l'irrigation. On pourrait à grand-peine y aménager des terrasses dans certaines zones humides, afin d'y

pratiquer éventuellement l'agriculture ou même l'arboriculture, là où le roc sous-jacent est suffisamment fissuré pour y permettre une pénétration radiculaire profonde. Mais, chaque fois qu'on le pourra, il sera préférable de laisser ou de mettre ces sols sous forêt, avec ou sans régime de pâture strictement contrôlé, de façon à faciliter la pénétration des pluies et à empêcher le ruissellement sur les terres avoisinantes. Seuls les îlots de sols profonds existant à l'intérieur des zones de lithosols peuvent être utilisés pour des plantations d'arbres fruitiers, là où l'irrigation est possible avec des eaux de sources, comme au Liban et en Syrie.

## J. Fluvisols

### Je, Jc et Jd. FLUVISOLS EUTRIQUES, CALCAIRES ET DYSTRITIQUES

*Utilisation.* Ces trois groupes de fluvisols sont examinés ensemble, leur submersion ou leur saturation en eau constituant un facteur commun qui détermine pour une très grande part leur utilisation et leurs possibilités. Les fluvisols eutriques et calcaires prédominent dans le delta du Gange et du Brahmapoutre, et sur les parties inférieures des plaines d'inondation adjacentes. Les fluvisols calcaires sont particulièrement associés avec les alluvions du Gange. Ils se retrouvent aussi le long des plaines d'inondation active des grands cours d'eau, tels que l'Indus, le Tigre et l'Euphrate, mais la plus grande partie de ces plaines est occupée par d'autres sols. Les fluvisols dystriques n'ont qu'une importance secondaire dans cette région.

Les fluvisols eutriques et calcaires comptent parmi les sols les plus intensément cultivés et les plus productifs de la région. Sur les grandes plaines d'inondation des méandres du Gange et du Brahmapoutre, ainsi que sur leur delta, les schémas de culture sont fonction du paysage. Les sols les plus élevés, qui sont plus perméables et ne sont submergés que pendant de courtes périodes, sont utilisés le plus souvent pour du riz précoce pluvial semé à la volée (aus) dont la récolte est suivie de cultures de moutarde, de légumineuses, de plantes fourragères ou de patates douces, semées en septembre-octobre. Du jute et de la canne à sucre sont aussi parfois cultivés sur ces terrains, et le palmier à sucre (*Phoenix sylvestris*) est particulièrement associé avec les sols de levées alluviales calcarifères. L'horticulture est pratiquée autour des fermes: légumes indigènes, épices, tabac, feuilles et noix de bétel et divers arbres fruitiers, surtout des manguiers. Sur les sols moins perméables et soumis à une submersion ne dépassant pas 90 cm environ, le riz aus semé à la volée

est suivi par un riz tardif repiqué (aman) récolté en décembre; toutefois, le riz aus est remplacé par du jute sur à peu près 40 pour cent des terres. Des cultures de saison sèche suivent parfois l'aman repiqué; ce sont généralement des légumineuses fourragères de qualité inférieure, telles que la gesse commune, mais une grande partie du terrain reste en jachère pendant la saison sèche.

Sur les terrains submergés sur 1 ou 2 m environ de hauteur, le riz aus est le plus souvent semé mélangé avec du riz aman d'eau profonde; le riz aus est récolté au moment de la montée des eaux de crue, en juin-juillet, et le riz aman en novembre. Les cultivateurs ont ainsi une sorte d'assurance contre la perte de l'une ou l'autre des récoltes en cas de submersion précoce ou trop rapide. On fait aussi souvent pousser du jute sur ce type de terrains, parfois en mélange avec du riz aman d'eau profonde. Ce dernier est suivi par des cultures de saison sèche comme la moutarde, le colza, les pois chiches (*cicer arietinum*) et la gesse commune. Cette légumineuse fourragère est souvent semée avant la récolte du riz, tandis que les autres plantes, telles que le blé, l'orge, le lin, les lentilles, les pois chiches, les oignons et l'ail, sont semées ou mises en place après cette récolte, de même que les pommes de terre et les piments, qui sont en général irrigués à l'aide de dispositifs élévatoires simples de faible hauteur. Une grande partie de ces terres produit toute l'année et reste productive en dépit des faibles niveaux de fumure.

Sur les terrains submergés sur plus de 2 m, le riz aman d'eau profonde (qui peut étendre ses tiges jusqu'à 6 m si nécessaire) est ordinairement la seule culture pratiquée, mais il est parfois suivi d'une plante fourragère de qualité inférieure, en général la gesse commune. Malgré la grande hauteur de submersion, le jute est parfois cultivé, mais il faut le récolter en plongeant depuis des barques. Le riz aman d'eau profonde subit souvent des dommages ou des pertes du fait d'une montée précoce ou trop rapide des niveaux de crue. Si ce risque est trop grand, et si l'on peut conserver suffisamment d'eau sur le terrain après la crue ou en amener par irrigation, on fait une culture de riz repiqué (boro) en hiver, pendant la saison sèche. Cette culture de riz d'hiver a connu un grand développement au cours de ces dernières années, grâce à l'emploi de plusieurs milliers de petites pompes transportables à moteur diesel.

En Birmanie, les fluvisols sont surtout utilisés pour le riz, bien que, sur certains sols limoneux mieux drainés, on y fasse des légumes, des arachides, du maïs et du sésame. A Sri Lanka, le riz constitue la principale culture, et les terrains les mieux drainés sont plantés en cocotiers.

Sur les plaines d'inondation active de l'Indus et de ses affluents, les fluvisols calcaires ne servent que

pour des cultures d'hiver utilisant l'humidité résiduelle apportée par les crues de l'été. On récolte surtout du blé, des pois chiches, de la moutarde, du colza, et un peu de lentilles. D'une manière générale, les rendements sont faibles, en raison du manque d'humidité au moment de la maturité des plantes. On a installé récemment à certains endroits des puits tubulaires pour assurer une irrigation supplémentaire, surtout pour le blé. Après l'achèvement du barrage de Tarbela sur l'Indus, l'incidence des crues devrait s'atténuer, et il est vraisemblable que se généralisera l'irrigation par puits tubulaires.

Sur les plaines d'inondation active de l'Euphrate, les fluvisols calcaires sont utilisés pour cultiver des légumes au cours de l'été, après le retrait des eaux de crue. Dans la plaine de la Basse-Mésopotamie, où ces sols ne sont pas inondés, on pratique la culture irriguée des dattes, de l'orge, du blé et de divers types de mils. Toutefois, de vastes zones non irriguées restent incultes. En Iran, on trouve également de vastes plantations de dattiers dans la plaine de l'estuaire de la Karun; il s'agit là de fluvisols calcaires qui sont des inclusions dans l'association de solonchaks indiquée sur la carte. Il existe aussi d'autres endroits où ces sols ne sont pas inondés et sont en partie utilisés pour diverses cultures irriguées, comme en Jordanie, ou pour celles du blé et de l'orge, comme en Arabie Saoudite. Dans le sud-ouest de la péninsule Arabique, certaines zones sont employées pour le sorgho et le sésame en pratiquant la submersion par les eaux de crue des torrents.

*Vocation.* Bien que, avec les pratiques traditionnelles, les rendements des récoltes soient généralement modérés ou faibles, une grande partie des fluvisols des plaines d'inondation du Gange, du Brahmapoutre et de leur delta ont assuré une production agricole continue pendant des siècles avec de faibles niveaux d'engrais et des éléments nutritifs ajoutés par la sédimentation ou libérés du fait de l'altération des minéraux. Avec les méthodes modernes d'aménagement, ces sols réagissent bien à l'utilisation des engrais (surtout azotés et phosphorés) et permettent de très hauts rendements des nouvelles variétés de riz IRRI, partout où l'irrigation peut être pratiquée pendant la saison sèche, et où les conditions hydrologiques conviennent à leur culture pendant la saison de la mousson. Avec ces méthodes modernes, une meilleure domestication des eaux est le facteur principal pour intensifier la production; tout d'abord, l'irrigation doit être assurée afin de faire, pendant la saison sèche, une culture supplémentaire de riz ou la culture d'un végétal de haute valeur, puis, sur les terres plus profondément submergées, la protection contre les crues et le drainage doivent être aménagés afin d'obtenir une ou deux

récoltes de riz à haut rendement pendant la saison de la mousson, en remplacement des variétés traditionnelles actuelles à faible rendement. La protection contre les crues et le drainage étant d'ordinaire impossibles sur les plaines d'inondation active, il faut chercher à y accroître les rendements en recourant à de meilleures semences, aux engrais et à des mesures de protection des plantes.

Dans certaines zones, le long de l'Indus par exemple, des puits tubulaires installés sur les hauteurs peuvent être utilisés pour fournir une irrigation supplémentaire. Une fois l'irrigation assurée, l'apport d'engrais azotés et phosphatés est essentiel pour obtenir de hauts rendements.

Dans les terrains cultivés en riz, il se forme, à la base de la couche arable, une semelle de labour qui empêche le drainage et la pénétration des racines. Pour les plantes de culture sèche, notamment sous irrigation, il est nécessaire de briser cette semelle. Même pour le riz, il y aurait avantage à le faire et à rétablir cette semelle à une profondeur plus grande que les 5 à 10 cm actuels, mais cela n'est possible qu'avec la mécanisation.

Dans les zones irriguées, les sols limoneux conviennent à une grande variété de plantes adaptées au climat, mais les sols argileux ne sont propres qu'au riz et à quelques autres cultures comme le blé, les mils et la canne à sucre. En régime d'irrigation, les principaux problèmes sont la salinité et l'élévation de la nappe phréatique. Leur solution oblige à prendre des dispositions pour le drainage et à pratiquer des méthodes de culture intensive (pour plus de détails, voir la rubrique Yermosols). Pour les cultures à haut rendement, des apports d'engrais azotés et phosphatés s'imposent.

#### Jt. FLUVISOLS THIONIQUES

*Utilisation.* Ces sols se rencontrent sous les forêts de palétuviers ou sur les terres défrichées précédemment couvertes par celles-ci. Ils occupent de très grandes surfaces dans les « Sunderbans » du delta du Gange, mais sont aussi largement répandus ailleurs, à l'embouchure des cours d'eau qui se jettent dans le golfe du Bengale et, dans une moindre mesure, le long de la côte occidentale de l'Inde. Où ces sols ont été aménagés avec des digues de protection et des dispositifs de drainage, ils sont surtout utilisés pour une seule culture de riz repiqué, pendant la saison de la mousson. Toutefois, les rendements sont généralement faibles, et certaines parties de ces sols restent stériles du fait de leur trop grande acidité.

*Vocation.* Il est préférable de laisser ces sols sous forêt, car non seulement celle-ci produit des quanti-

tés appréciables de bois d'œuvre et de bois de pâte, mais elle assure, à l'intérieur des terres, tant pour les vies humaines que pour les biens matériels, une protection efficace contre les ravages des cyclones qui balayaient régulièrement les zones côtières du golfe du Bengale.

D'autre part, la mise en valeur de ces sols pour l'agriculture est coûteuse et pas toujours rentable, car elle oblige à construire des digues contre la submersion constante par les eaux salées, à drainer pour évacuer à la fois le sel et l'excès d'acidité qui se manifeste après le drainage, puis à apporter de grandes quantités de chaux et d'engrais afin de neutraliser l'acidité et rendre le terrain fertile. Les possibilités d'irrigation sont en général limitées, étant donné que ces sols occupent des zones où les eaux de surface aussi bien que les eaux souterraines sont salines. De plus, ces sols une fois bonifiés ne conviennent qu'à la riziculture.

#### K. Kastanozems

Se reporter à la rubrique H. Phaeozems.

#### L. Luvisols

##### Lc et Lo. LUVISOLS CHROMIQUES ET ORTHIQUES

*Utilisation.* Les luvisols chromiques occupent de vastes étendues à Sri Lanka et dans le sud-est de l'Inde, ainsi que de petites superficies en Israël, au Liban et en Syrie. Les luvisols orthiques ne sont largement répandus que dans la plaine du Gange et le long de la côte sud-est de l'Inde. Ailleurs, on les trouve en inclusions avec les luvisols chromiques. Comme ces sols se rencontrent sous des climats humides à subhumides, à des altitudes et avec des pentes variées, leur utilisation est également variable. Sur de vastes étendues, ils sont trop peu profonds ou en trop forte pente pour des fins agricoles et servent donc pour les pâturages ou la forêt.

En Inde, on y cultive surtout, en régime non irrigué, du sorgho, des mils, des arachides, du sésame, des légumineuses et de la moutarde. On y produit du riz dans les zones où les précipitations sont suffisantes ou l'irrigation possible. Dans les Etats de Mysore, Tamil Nadu et Kerala, ces sols sont utilisés pour des plantations de thé sur les hauteurs, ou de café sur les collines basses. La cardamome, le poivre, le gingembre et le curcuma (safran des Indes) sont aussi cultivés au Kerala, et, dans l'Etat de Tamil Nadu, quelques zones sont plantées en cinchona (arbre à quinquina). Les rendements sont en général faibles, sauf dans les plantations bien amé-

nagées de cultures commerciales telles que le thé, le café et les épices.

A Sri Lanka, les luvisols chromiques à forte altitude sont utilisés surtout pour des plantations de thé, dont la qualité au meilleur arôme provient des zones accidentées semi-humides. Les plantations d'hévéas occupent les hauteurs intermédiaires et les plaines basses sur les luvisols chromiques et orthiques. Les plantations de cocotiers se trouvent principalement sur les superficies de plaines de luvisols orthiques. Les zones accidentées subhumides où se pratique la riziculture itinérante sont par ailleurs très endommagées par l'érosion. L'agriculture sédentarisée est le fait de quelques grands domaines ou de régions où l'on dispose d'eau d'irrigation. En Birmanie, du sorgho, du maïs, des arachides et de la canne à sucre sont cultivés sur ces sols. De nombreuses zones, jadis consacrées à la culture itinérante, ont été abandonnées du fait de l'érosion et sont maintenant sous forêt buissonneuse.

En Israël, ces sols sont utilisés pour des plantations irriguées d'agrumes et autres fruits subtropicaux, pour des légumes et des arachides; sur les sols argileux, on pratique la culture du maïs, du coton et des plantes fourragères. En Syrie, on trouve sur ces sols des arbres fruitiers à feuilles caduques, du coton et des agrumes. Au Liban, on cultive, dans le nord, du blé, des plantes fourragères et, sous irrigation, quelques agrumes, tandis que, dans le sud, sur les champs aménagés en terrasses, on produit des olives, des raisins, des prunes, des pommes et des légumes, souvent sans irrigation.

*Vocation.* Le manque de profondeur et la faible résistance à l'érosion constituent les principaux problèmes de ces sols. Ils ont cependant une bonne structure et il est facile de les amener à un bon état d'ameublissement. Lorsqu'ils sont assez profonds, ils conviennent parfaitement à diverses cultures, dont les fruits et les légumes, selon le climat, à condition de recevoir des engrais phosphatés et azotés et un peu de potasse. Les luvisols du sud de l'Inde sont intensément lessivés et peuvent aussi avoir besoin d'être chaulés. Les sols du Proche-Orient sont bien fournis en chaux, en raison peut-être de la poussière calcaire transportée par le vent durant la saison sèche. Ils exigent aussi des mesures intensives de conservation, telles que l'aménagement de terrasses sur les pentes, pour les protéger de l'érosion. Dans la plupart des régions, ils conviennent particulièrement à la culture des arachides, du blé, du sorgho, des légumineuses et des graines oléagineuses, et dans certaines zones à celle du thé, du café et des épices. Une irrigation supplémentaire y est tout à fait payante et permet un plus grand choix de cultures. Sur les fortes pentes, il est préférable de maintenir ou de

mettre ces sols sous végétation permanente, à moins de les aménager à grands frais en terrasses et murettes pour des cultures de haute valeur telles que le thé, le café, les fruits et les légumes.

#### Lf. LUVISOLS FERRIQUES

*Utilisation.* Ces sols occupent de vastes zones dans la partie orientale de la péninsule Indienne, et on les rencontre aussi dans le centre de la Birmanie. Ils représentent un stade avancé d'altération et sont de ce fait riches en oxydes de fer et pauvres en bases. En Inde, on les utilise surtout pour le riz, l'orge, les graines oléagineuses (moutarde et colza) et quelques légumineuses. En Birmanie, ils sont principalement recouverts de forêts de bambous et d'arbustes buissonnants avec, par endroits, quelques plantations d'hévéas et d'arbres fruitiers.

*Vocation.* Ces sols étant pauvres en bases et riches en oxydes de fer et d'aluminium, ils présentent de sérieuses carences en phosphates, potasse, calcium et magnésium. Leur teneur en azote est faible à modérée. Ils sont très friables et d'une bonne condition physique, mais on trouve parfois dans leur sous-sol des quantités appréciables de concrétions ferrugineuses qui rendent la perméabilité un peu trop rapide et abaissent leur capacité de rétention de l'humidité. Convenablement fumés aux phosphates, à la potasse, à l'azote et à la chaux, ils conviennent parfaitement aux arbres fruitiers et à des cultures telles que le riz, les arachides, le maïs, le sésame et le sorgho. Ils supportent souvent mal la sécheresse et demandent à être irrigués pour la plupart des cultures. Les hévéas réussissent bien où les précipitations sont suffisantes ou l'irrigation possible, mais il est préférable de laisser sous forêt les sols peu profonds.

#### Lg et Ag. LUVISOLS GLEYIQUES ET ACRISOLS GLEYIQUES

*Utilisation.* Ces sols pauvrement drainés n'occupent que des superficies restreintes en Israël, au Liban, en Iran et en Inde. En Israël, on les rencontre dans des dépressions au milieu des sols sableux de la Hamra, où ils sont utilisés pour la culture irriguée de plantes fourragères et les pâturages. Au Liban, ils sont plantés en oliviers. En Inde et en Iran, on y trouve surtout des cultures de riz.

*Vocation.* Le drainage médiocre de ces sols limite l'éventail de cultures pouvant y être pratiquées; de plus, ils sont difficiles à cultiver lorsqu'ils sont humides. Au Liban, où le drainage est moins limitatif, ce sont surtout les possibilités d'irrigation qui conditionnent l'expansion de la production agricole.

#### Lk. LUVISOLS CALCIQUES

*Utilisation.* Ces sols se rencontrent en Inde, au Liban, en Syrie, en Jordanie et en Israël. Au Proche-Orient, ils servent à la culture non irriguée du blé, de l'orge, des lentilles, des pois chiches et du sorgho. Une bonne partie de ces terres est cultivée en légumineuses, ce qui contribue à maintenir la fertilité du sol. En Israël, le développement de l'irrigation a permis d'obtenir sur ces sols une grande variété de cultures de plein champ, d'y planter des arbres fruitiers et d'y récolter des plantes fourragères. En Jordanie, quelques plantations de pommiers et d'oliviers ont été créées récemment. En Inde, on cultive surtout, sans irrigation, le blé, les divers mils et des légumineuses ainsi que, en régime d'irrigation, la canne à sucre.

*Vocation.* Sans irrigation, ces sols conviennent au blé, à l'orge, aux pois chiches, aux lentilles, aux arachides, au sorgho et aux légumineuses fourragères. Mis sous irrigation, aménagés de façon moderne et fumés avec des engrais complets, ils permettent une forte production de fruits, légumes et plantes fourragères très divers, comme en témoigne Israël. Toutefois, l'érosion y constitue un problème, et celle-ci a été aggravée par les récentes cultures mécanisées pratiquées en Jordanie. Des mesures de conservation sont donc nécessaires pour protéger ces sols contre l'érosion.

#### Lp. LUVISOLS PLINTHIQUES

Se reporter à la rubrique Ap. Acrisols plinthiques.

#### N. NITOSOLS

##### Nd, Ne et Nh. NITOSOLS DYSTRIQUES, EUTRIQUES ET HUMIQUES

*Utilisation.* Ces sols occupent de vastes étendues dans certaines parties du sud-ouest et de l'est de l'Inde, ainsi qu'en Birmanie et à Sri Lanka. Ils sont associés avec des luvisols et des acrisols. Comme ils se situent sur des pentes faibles ou des surfaces presque plates, ils sont peu sujets à l'érosion. En Birmanie, ils sont surtout utilisés pour la forêt ou la culture itinérante du riz, mêlé parfois à quelques légumineuses et graines oléagineuses, et, en certains points, pour des plantations d'arbres fruitiers. Dans la partie occidentale humide de Sri Lanka, on trouve sur ces sols des plantations de cocotiers et d'hévéas. Dans la région orientale subhumide de ce pays, on pratique la culture itinérante, principalement celle du riz, l'agriculture sédentarisée se limitant aux points

où l'on peut disposer d'eaux souterraines pour l'irrigation. Les eaux de pluie, emmagasinées dans des réservoirs, sont utilisées pour cultiver du riz dans une petite partie, cependant assez importante, de cette zone.

Le long de la côte ouest de l'Inde, ces sols reçoivent des plantations de cocotiers, d'aréquiers et d'hévéas, ainsi que de bananiers et de manguiers. Dans les régions à fortes précipitations, le riz constitue la principale culture, comme dans le Kerala, le Bengale occidental, le Bihar et l'Assam, mais ailleurs, on cultive le sorgho, le mil chandelle (*Pennisetum typhoideum*), le sésame, le colza, la moutarde et un peu de maïs. Dans certaines zones, le curcuma occupe aussi une place importante.

Au Bangladesh, les nitosols eutriques sont utilisés pour de médiocres cultures de riz et de kénaf (*Hibiscus cannabinus* et *H. sabdariffa*) — un substitut du jute — suivies parfois de graines de moutarde et de légumineuses fourragères. Certaines zones sont exploitées pour des ananas. Des jacquiers sont traditionnellement plantés autour des fermes. Les sols peu profonds restent sous forêt.

**Vocation.** Ce sont de bons sols profonds sur des terrains presque plats ou légèrement ondulés et donc plutôt résistants à l'érosion. Le principal problème réside dans leur faible fertilité, leur faible teneur en phosphates assimilables, et l'humidité excessive pendant la saison des pluies qui résulte de leur lente perméabilité. Vu leur profondeur, ils conviennent très bien à l'arboriculture et réagissent favorablement à un aménagement judicieux. Le développement de l'irrigation dans les zones à faibles précipitations est rentable partout où l'eau est disponible. Moyennant des applications appropriées d'engrais complets et spécialement de phosphates, ils peuvent donner de hauts rendements. Les nitosols dystriques demandent en plus à être chaulés. Les cultures convenant à tous ces sols sont celles qui peuvent supporter l'humidité périodique du sous-sol, car leur drainage interne est quelque peu limité.

## O. Histosols

**Utilisation.** Ces sols (surtout les histosols dystriques) occupent une vaste zone dans le Bangladesh, mais on les rencontre également sur les côtes ouest de l'Inde et de Sri Lanka, dans des bassins profondément immergés pendant la saison des pluies et qui restent humides durant toute la saison sèche. Ils sont très étendus au sud de la plaine d'inondation du Gange, mais on les trouve aussi localement ailleurs dans le Bangladesh, en particulier au nord-est, dans le bassin de Sylhet. La plupart de ces sols res-

tent sous leur végétation naturelle de roseaux et de graminées de grande taille que l'on coupe, dans certaines régions, pour servir de matériau de toiture ou fabriquer des nattes.

La culture du riz n'est possible que lorsque la couche supérieure minérale de ces sols offre une capacité de portance suffisante. Les rendements sont généralement faibles en raison du manque de fertilité et du risque de dégâts par les inondations, mais probablement aussi à cause des maladies de carence associées au déséquilibre fer-manganèse susceptible d'affecter des sols aussi riches en matières organiques. En Inde, les histosols sont utilisés pour la culture de riz tardif après les pluies. A Sri Lanka, on les laisse incultes, à l'exception d'une petite zone spécialement aménagée pour y produire des légumes.

**Vocation.** D'une manière générale, ces sols n'offrent que de faibles possibilités de mise en valeur. Outre qu'ils pâtissent de leur submersion profonde, leur drainage entraînerait la contraction des matières organiques, voire un durcissement irréversible du matériau. Là où existe une couche supérieure minéralisée, la production peut être augmentée en employant des engrais et des variétés de riz à haut rendement, mais le drainage ne doit toutefois être tenté que s'il est possible de maintenir la nappe phréatique à un niveau élevé pendant toute la saison sèche, de façon à ce que la couche tourbeuse reste saturée. Lorsque ces sols ne sont pas sujets à submersion profonde, comme dans quelques zones de Sri Lanka, on peut les mettre en valeur pour y produire des légumes au moyen d'aménagements spéciaux, notamment le maintien de la nappe phréatique à une faible profondeur. En Inde, ces sols peuvent être améliorés, en les drainant, pour y faire du riz et d'autres cultures. Il y aurait lieu d'effectuer des recherches afin de remédier aux carences de certains éléments minéraux.

## P. Podzols

Se reporter à la rubrique D. Podzoluvisols.

## Q. Arénosols

Se reporter à la rubrique R. Régosols.

## R. et Q. Régosols et arénosols

**Utilisation.** Les régosols comprennent une grande variété de sols qui, à l'exception des sols lessiques, n'ont en général qu'une vocation agricole limitée

du fait de leur faible capacité de rétention de l'humidité. Nombre d'entre eux sont souvent graveleux ou pierreux, et posent à cet égard les mêmes problèmes que les arénosols. Les plus largement répandus sont les régosols calcaires et les arénosols cambiques, que l'on rencontre dans les dépôts colluviaux graveleux ou pierreux et dans les dunes de sable, dans de nombreuses zones semi-arides et arides entre le désert de Thar, en Inde, et celui du Sinaï, qui borde la côte de la Méditerranée. On trouve des arénosols albiqes en Irak et en Inde. Tous ces sols sont surtout utilisés sporadiquement comme terrains de pâture — fréquemment surpâturés — par des troupeaux nomades de bovins, de moutons et de chèvres. Lorsque ces sols peuvent être irrigués, certains d'entre eux — notamment les régosols calcaires sur la côte méditerranéenne d'Israël et du Liban — sont utilisés pour les agrumes, les arachides et les légumes. Dans les zones à fortes précipitations bordant les côtes de l'Inde et de Sri Lanka, les parties plates ou faiblement ondulées de régosols dystriques sableux avec eaux souterraines non salines portent normalement des plantations de cocotiers. Néanmoins, les sables côtiers avec relief de dunes ne sont guère utilisables.

Sur les plaines de lœss érodées au Pakistan, les régosols calcaires sont cultivés en blé et en mils non irrigués la première année, avec jachère l'année suivante. En Afghanistan, des sols lœssiques analogues sont actuellement mis en valeur aux fins d'agriculture irriguée.

Dans les zones de montagne subhumides et humides (Népal, Bhoutan, Iran et Syrie) certains régosols graveleux, dystriques et eutriques, situés sur des pentes colluviales, sont aménagés en terrasses pour y cultiver des fruits ainsi que du blé, du maïs et un peu de riz irrigué. Toutefois, la plus grande partie de ces sols reste sous forêt ou sert au pâturage. Dans le sud-ouest de la péninsule Arabique, certaines superficies sont aménagées en terrasses pour la culture non irriguée de sorgho, de blé et d'orge.

*Vocation.* Les régosols sableux et les arénosols sont en général des sols pauvres, en raison de leur faible capacité de rétention de l'humidité et des éléments nutritifs. De plus, beaucoup de régosols sont sérieusement érodés par l'eau et le vent, du fait de leur forte pente et de leur nature sableuse. L'érosion par l'eau pose un problème sur les hautes terres, tandis que les zones sableuses sont sujettes à l'érosion éolienne tant qu'elles ne sont pas stabilisées par une végétation protectrice. En outre, la pierrosité rend la culture difficile sur les sols colluviaux. Sous les climats subhumides et humides, les régosols eutriques et dystriques conviennent au reboisement. Ce n'est qu'avec des aménagements spéciaux, y

compris l'emploi à haute dose d'engrais minéraux et organiques, et l'irrigation par aspersion, que l'on peut mettre en valeur les régosols sableux et les arénosols pour une production agricole à haut rendement. Ailleurs, il est possible d'établir des pâturages améliorés dans les zones semi-arides à subhumides en contrôlant l'utilisation et, par endroits, en érigeant des murettes de pierre selon les courbes de niveau pour réduire le ruissellement et faciliter l'absorption de l'eau. Dans les zones arides, ce n'est qu'en exploitant les pâturages par rotation et en limitant leur usage en fonction de la capacité de charge, que l'on pourra apporter quelque amélioration à la production de ces sols. Les régosols sur lœss sont productifs si les précipitations sont suffisantes ou s'ils sont irrigués. Ils sont pauvres en matières organiques, azote et phosphates. Dans les zones subhumides, comme au Pakistan, on peut améliorer notablement le rendement en insérant une légumineuse dans la rotation des cultures pendant la période de jachère.

### S. Solonetz

*Utilisation.* Ces sols, et principalement les solonetz orthiques salins-alcalins, sont très répandus dans le nord de l'Inde et au Pakistan. Bien qu'on les rencontre surtout dans des zones irriguées, leur formation est antérieure à l'emploi de l'irrigation. Généralement dénudés, ils sont parfois recouverts d'une végétation graminéenne ou buissonnante épars, qui assure une maigre pâture à des troupeaux de bovins ou de moutons. La bonification de ces sols a été tentée à grands frais dans certaines parties de l'Inde et du Pakistan, de sorte qu'on y trouve par endroits des cultures de riz, de blé, de sorgho et de trèfle d'Alexandrie.

*Vocation.* A leur état naturel, ces sols ne présentent aucun intérêt pour l'agriculture. Leur bonification à des fins agricoles est coûteuse et pas toujours rentable, même quand on dispose d'eau d'irrigation en quantité suffisante pour ce faire. Cette opération exige en effet de lessiver les sels en excès par des applications répétées et abondantes d'eau d'irrigation, d'ajouter du gypse (ou de cultiver, pendant quelques années, des graminées à fort système racinaire et résistantes aux sels alcalins, telles que *Diplachne fusca*) pour permettre au calcium de déplacer l'excès de sodium, et de prévoir un drainage permettant un lessivage efficace et empêchant la resalinisation des sols après leur bonification. Nombre de ces sols sont presque imperméables et pratiquement impossibles à améliorer. Seuls les sols poreux ou perméables se prêtent à la bonification. Dans les zones où l'eau

disponible pour l'irrigation est limitée, comme au Pakistan, il peut être préférable de réserver celle-ci à de meilleurs sols.

### T. Andosols

Ces sols n'occupent que de petites surfaces en Iran. Comme le climat est aride, ils sont surtout utilisés comme terrains de pâture, et leurs possibilités d'amélioration sont très limitées. Le relief accidenté s'oppose à leur mise en valeur à l'aide de l'irrigation.

### U. Rankers

Ces sols se rencontrent dans les montagnes de l'Himalaya, au Pakistan, en Inde, au Népal et au Bhoutan. Ils sont surtout sous forêt ou sous végétation buissonnante. Comme ils sont peu profonds et en forte pente, ils n'offrent guère de possibilités pour l'agriculture, et il est préférable de les laisser sous végétation permanente.

### V. Vertisols

#### V et Bv. VERTISOLS ET CAMBISOLS VERTIQUES

*Utilisation.* Les vertisols sont très répandus dans la péninsule Indienne et occupent de vastes surfaces en Irak, en Syrie, au Liban, en Israël et au Pakistan. On les rencontre dans presque tous les autres pays de l'Asie du Sud, mais en beaucoup moins grande proportion. Ce sont en majorité des vertisols chromiques. Les vertisols pellicules apparaissent surtout sur des sites hydromorphes, en général dans des dépressions, et n'ont une grande extension qu'en Inde. L'utilisation des terres varie avec le climat et selon les possibilités d'irrigation.

En Inde, la plupart de ces sols, y compris les cambisols vertiques associés, sont sous cultures non irriguées, principalement du coton, du mil, du sorgho, du blé, des légumineuses, du tabac, des arachides et de la canne à sucre. Les céréales alternent souvent avec des légumineuses, des graines oléagineuses (y compris le ricin et le sésame dans le sud) et toute une gamme de plantes secondaires. Sur les sols « self-mulching »<sup>3</sup>, les terres ne peuvent être labourées qu'une fois tous les trois à six ans, lorsqu'il faut recourir à un labour en profondeur pour enlever les mauvaises herbes à racines profondes; autrement, le sol est simplement hersé avant les semailles. Les vertisols pellicules sont parfois utilisés pour le

riz pendant la saison de mousson, mais sont souvent laissés en jachère à cette époque et employés seulement pour une récolte de saison sèche, en général du blé. Lorsqu'il est possible de les irriguer, on y cultive surtout la canne à sucre et le riz, ainsi que le blé dans le nord de l'Inde et le sorgho ou le mil plus au sud.

Au Pakistan, de petites superficies de vertisols comprennent des argiles de dépressions qui sont principalement utilisées pour la culture du riz irrigué et d'un peu de blé d'hiver sur l'humidité laissée par la riziculture, avec ou sans irrigation complémentaire. Quelques zones sont employées uniquement comme pâturages. A Sri Lanka et en Birmanie, on y cultive surtout du riz. En Israël, on utilise les vertisols pour la culture non irriguée du blé, de l'orge, du maïs, du sorgho et des légumineuses, et la culture irriguée des betteraves à sucre, du coton et des plantes fourragères; au Liban, pour la culture irriguée des betteraves à sucre, des légumes, de la luzerne et du blé; en Jordanie et en Irak, pour la culture non irriguée du blé, de l'orge et des lentilles, tandis que de petites zones sont irriguées pour la culture du tabac.

*Vocation.* La forte consistance et la pauvreté du drainage interne (spécialement dans les vertisols pellicules) sont parmi les problèmes courants que pose l'aménagement des vertisols; à cela s'ajoute l'érosion dans les hautes terres du centre de l'Inde et, dans certaines zones, la salinité et l'alcalinité du sous-sol. L'irrigation est en général nécessaire pour obtenir et maintenir des rendements élevés. Le drainage de ces sols a été réalisé dans une partie d'Israël afin d'améliorer les conditions d'enracinement des cultures, et il s'impose en Inde dans les dépressions où l'on pratique l'irrigation, si l'on veut y cultiver autre chose que du riz. Ces sols ne conviennent pas à l'arboriculture mais se prêtent à la culture de plantes très diverses, dont la canne à sucre, le coton, le riz et les principales céréales de culture sèche. Le phosphore et l'azote semblent être les principaux éléments nutritifs indispensables pour maintenir des rendements élevés. Les labours en billons et les drains de surface sont très utiles pour améliorer les conditions de drainage du sol et la production végétale. Sur les vertisols qui ne sont pas « self-mulching », mais qui ont une surface dure et compacte, le labourage mécanique est nécessaire pour préparer convenablement et à temps les semis.

### W. Planosols

*Utilisation.* Les divers planosols occupent de petites superficies en Birmanie, à Sri Lanka et en Inde. Ils ont comme caractéristique commune un drainage

<sup>3</sup> « self-mulching soils »: sols à structure prismatique soumis à des mouvements mécaniques intenses (gonflement et fendillement).



interne difficile. Les planosols eutriques et solodiques des terres basses de Sri Lanka sont utilisés pour le riz et les cocotiers dans la zone humide et pour le riz irrigué dans la zone sèche. De grandes surfaces restent en friche dans cette dernière ou ne servent qu'à la pâture. Les planosols humiques, que l'on rencontre à des altitudes supérieures à 1 600 m, ne sont guère cultivés et restent sous forêt. En Birmanie, ils sont surtout sous brousse forestière et sont employés comme terres de pâture ou pour la production de bois de feu. Quelques zones sont cultivées en riz, en sésame et en arachides. En Inde, on y fait surtout du riz.

*Vocation.* Ces sols conviennent particulièrement au riz dans les régions où les précipitations sont suffisantes, ou l'irrigation possible.

## X. Xérosols

*Utilisation.* Dans toutes les zones semi-arides de l'Asie du Sud, les xérosols hapliques et calciques sont utilisés pour de médiocres cultures d'orge et de blé, suivies d'une année de jachère pendant laquelle les chaumes et les mauvaises herbes sont mises en vaine pâture. Dans les zones plus sèches, l'orge, les pois chiches et les lentilles l'emportent sur le blé. Dans les parties accidentées, comme en Israël et le sud-ouest de la péninsule Arabique, les cultures de blé, d'orge et de sorgho sont confinées aux vallées où le ruissellement provenant des collines voisines apporte un supplément d'humidité. En Irak, en Syrie, au Liban et en Jordanie, ces sols constituent la région du blé et de l'orge où l'utilisation de tracteurs a permis d'étendre l'agriculture à des terres marginales aux sols peu profonds ou ne recevant guère de précipitations. En Israël, les xérosols servent à la culture irriguée de bananes, de dattes, de grenades, de coton et de légumes d'hiver. Dans l'ouest de l'Inde, les divers mils, le blé, le sésame et les graines de ricin y sont récoltés dans les Etats du Gujerat et du Rajasthan. Les cultures irriguées de blé, de canne à sucre, de coton, de légumineuses et de plantes fourragères sont pratiquées dans l'ouest de l'Inde ainsi qu'au Pakistan. Le blé et les pois chiches sont cultivés sans irrigation dans quelques zones du Pakistan, en alternance avec des graines de moutarde. Dans les parties plus sèches, les pois chiches et l'orge sont les principales cultures.

*Vocation.* Les possibilités des xérosols sont à la limite de l'agriculture non irriguée. Les précipitations faibles et incertaines y rendent donc la production aléatoire. Ces sols ne peuvent être vraiment améliorés que si l'on dispose d'eau d'irrigation. En son absence, toutefois, on peut les bonifier légèrement en

incluant des pois chiches, des lentilles et d'autres légumineuses dans la rotation des cultures, et en appliquant des engrais phosphatés. L'introduction de légumineuses (luzerne) avec apport d'engrais phosphatés, en rotation avec du blé, permet d'augmenter considérablement les rendements de ce dernier, tout en fournissant en même temps du fourrage pour le bétail (Pearson, 1970; Bilensoy, 1970). Les sols peu profonds ou les terrains en pente ne devraient être utilisés que comme pâturages.

Avec l'irrigation par canaux, le principal problème dans les plaines plates est la salinité qui résulte du niveau trop élevé de la nappe phréatique, dû lui-même au manque de drainage. Un bon drainage est donc nécessaire pour lutter contre la salinité. Au Pakistan, on a recours aux puits tubulaires pour abaisser la nappe phréatique dans les zones où les eaux souterraines ne sont pas très salines et peuvent être utilisées en les mélangeant à l'eau des canaux. Dans les régions où les eaux souterraines sont salines, comme en Irak et dans certaines parties du Pakistan, il est nécessaire de recourir à un système complet de drains et à une culture intensive, de façon que le mouvement de l'eau et des sels soit dirigé vers le bas et à l'intérieur des drains, au lieu de l'être vers le haut, comme ce serait le cas si le sol était laissé en jachère avec un niveau élevé de la nappe phréatique et des cultures peu intenses.

Ces sols sont fertiles et n'ont besoin que d'applications d'azote et de phosphates pour y maintenir des rendements élevés. Les besoins de potasse n'apparaissent que lorsque l'azote et le phosphore ont été utilisés pendant un certain nombre d'années. On remédie en général au problème posé par la faible teneur en matières organiques en pratiquant une culture intensive, étayée sur des mesures judicieuses d'aménagement, dont l'utilisation rationnelle des engrais. La fertilité des xérosols calciques et de certains xérosols hapliques peut poser des problèmes en raison de leur haute teneur en chaux et de leur faible disponibilité en oligo-éléments. Ces difficultés peuvent être largement surmontées en s'en tenant à des cultures capables de tolérer ces conditions, comme le blé, l'orge, la luzerne et les figues. Ce problème est cependant aigu dans les sols à perméabilité lente ou peu profonds, et il vaudrait mieux les utiliser comme pâturages, avec ou sans irrigation. De même, les sols qui ont un horizon pétrocalcique ou pétrogypique à faible profondeur ne peuvent convenir qu'aux pâturages.

## Y. Yermosols

*Utilisation.* Sans irrigation, ces sols sont normalement dénudés ou n'offrent qu'une maigre végétation

que broutent des troupeaux nomades de chameaux, de moutons et de chèvres. Dans la plupart des cas, ces sols sont surpâturés, étant donné qu'il n'existe aucun système de contrôle de leur utilisation. Le surpâturage est particulièrement grave au voisinage des points d'eau où les animaux vont s'abreuver.

Dans quelques régions d'Irak et de Syrie, les yermosols hapliques et calciques servent à une culture aléatoire d'orge non irriguée qui ne donne que tous les trois à cinq ans. Dans les zones accidentées du sud-ouest de la péninsule Arabique, de l'Arabie Saoudite et de la Jordanie, on cultive le blé et l'orge dans des fonds de vallées ou dans des talwegs de wadis où s'écoulent les eaux de ruissellement provenant des collines voisines. Dans la zone montagneuse aride du Pakistan, on pratique, pour la culture du blé, un système d'irrigation par submersion en détournant l'eau des torrents jusque sur les champs, mais la récolte est le plus souvent marginale. Ce système de submersion par l'eau des torrents est également pratiqué dans le sud-ouest de la péninsule Arabique pour la culture du sorgho, du blé, de l'orge et de la luzerne. Certaines superficies sont irriguées au moyen de puits pour y produire du blé, de la luzerne et du maïs.

Suivant le climat, de nombreuses cultures sont pratiquées avec irrigation. Dans les plaines de l'Indus, au Pakistan, les principales cultures irriguées sont le coton, la canne à sucre, le blé, le trèfle d'Alexandrie et, sur les sols argileux, le riz. Les mangues et les goyaves sont cultivées dans toute la plaine de l'Indus, mais les oranges se limitent à la partie nord, tandis que, au sud, on produit des bananes dans la zone sous influence maritime. Dans les régions de haute altitude, comme au Pakistan, en Afghanistan, en Iran et en Jordanie, on cultive des pommes et des fruits d'arbres à feuilles caduques, ainsi que du blé, moyennant irrigation avec de l'eau de source ou à l'aide d'un système de canaux souterrains qui relient une série de puits dans les montagnes et amènent l'eau jusque dans les vallées par force de gravité.

En Israël, les principales cultures irriguées sont le coton, les betteraves à sucre, les plantes fourragères, les bananes, les dattes et les raisins. L'irrigation à partir de puits tubulaires est actuellement introduite dans quelques parties de la Jordanie et de l'Arabie Saoudite, afin d'utiliser l'eau d'une vaste nappes aquifère découverte dans des couches de grès.

*Vocation.* Sans irrigation, les yermosols ne peuvent convenir qu'à des pâturages à faible capacité d'utilisation. La végétation y est actuellement détériorée dans la plupart des zones, mais au Pakistan, en Arabie Saoudite et en Syrie la production de ces sols a pu être améliorée grâce à un aménagement rationnel du pâturage par rotation et l'établissement

de points d'eau supplémentaires pour les animaux. Tout programme d'aménagement rationnel des pâturages ne peut cependant être couronné de succès qu'à condition de cultiver un supplément de fourrage sur une partie des superficies irriguées adjacentes. Le pâturage convenablement aménagé sur une base communautaire existe dans le sud-ouest de la péninsule Arabique depuis le début de l'Islam et illustre la façon dont on peut utiliser ces terres sans qu'elles se détériorent.

En régime d'irrigation, ces sols, à l'exception des yermosols gypsiques et calciques, sont très productifs et conviennent à une large gamme de cultures, suivant le climat. Les principaux problèmes sont le drainage et la salinité en cas d'irrigation de vastes surfaces planes. Dans les zones irriguées de faible étendue, le drainage naturel par infiltration latérale et par évaporation vers les vastes surfaces voisines non irriguées est en général suffisant. Par contre, dans les grandes plaines plates, le drainage s'impose ainsi que le passage à une culture intensive et l'aménagement judicieux de l'eau d'irrigation. L'addition d'azote et de phosphates est nécessaire pour maintenir de hauts rendements. L'insuffisance de matières organiques pose aussi un problème, mais un système de culture intensive joint à un aménagement rationnel permet d'y remédier dans une grande mesure. Il en est de même pour les problèmes soulevés par la forte teneur en chaux de nombreux yermosols. Certaines zones de yermosols calciques recevant 200 à 300 mm de pluie, comme en Syrie et en Irak, ne peuvent servir à la production d'orge et de blé que si l'exploitation est de grande taille, car l'exploitant peut alors vivre d'une seule bonne récolte tous les trois ou quatre ans. Des mesures adéquates de conservation du sol sont donc indispensables, mais il serait cependant préférable d'utiliser ces zones comme pâturages. Les yermosols gypsiques et calciques, et spécialement ceux ayant des horizons pétrogypsiques et pétrocalciques à faible profondeur, ne conviennent pas en général aux cultures, irriguées ou non. Ils ne peuvent servir que de pâturages. Toutefois, les yermosols calciques peuvent éventuellement être utilisés pour la culture irriguée du blé, de l'orge et de la luzerne, quand on ne dispose pas de meilleurs sols.

## Z. Solonchaks

*Utilisation.* Les solonchaks se rencontrent apparemment dans tous les pays de la région, sauf peut-être au Népal et au Bhoutan. Dans les zones humides telles que le Bangladesh, Sri Lanka et le sud de l'Inde, ces sols sont associés avec les crues de marée des zones côtières. Dans le nord de l'Inde et ailleurs, on

les trouve généralement dans les plaines alluviales affectées par des eaux souterraines salines ou par l'accumulation de sels provenant du ramassage et de l'évaporation du ruissellement naturel. Les solonchaks orthiques et gleyiques sont très répandus dans toutes les zones arides et semi-arides, entre le nord de l'Inde et la côte méditerranéenne. Ils sont ordinairement dénudés ou couverts d'une végétation halophyte clairsemée qui fournit une maigre pâture au bétail vivant principalement de la meilleure végétation poussant sur les sols voisins moins salins. Par endroits, ils sont irrigués, le plus souvent pour en tirer de médiocres cultures d'orge et de riz. En Arabie Saoudite, une pratique locale consiste à couvrir ces sols de sable pour y cultiver sous irrigation des céréales et des légumes. Toutefois, le matériau ajouté se salinise rapidement et il faut, soit le recouvrir à nouveau de sable, soit chercher un nouvel emplacement.

*Vocation.* Les solonchaks sont par définition des sols médiocres, qu'il est souvent impossible d'améliorer. Leur irrigation nécessite un drainage pour abaisser la nappe phréatique et de grandes quantités d'eau pour entraîner les sels hors de la zone racinaire. Très souvent, après lessivage, le sol acquiert de l'alcalinité, l'argile se disperse et le sol devient imperméable. Dans ce cas, l'application de gypse est également nécessaire pour éliminer l'alcalinité. Une entreprise aussi coûteuse et complexe est en général impossible en raison du manque de capitaux et de connaissances des exploitants. Le développement de l'irrigation est cependant possible lorsque le sol contient du gypse et qu'il est suffisamment perméable, comme en Irak et en Iran. Les puits tubulaires pour le drainage en profondeur, comme au Pakistan, pourraient néanmoins être largement utilisés, surtout lorsque la nappe aquifère est inépuisable et que l'eau souterraine peut servir pour l'irrigation, soit directement, soit en la mélangeant avec celle des canaux. Il se peut cependant que la mise en valeur des sols de solonchaks ne soit pas rentable dans les zones où la fourniture d'eau d'irrigation est limitée, ou encore s'il existe de meilleurs sols sur lesquels l'utilisation de cette eau serait plus avantageuse, comme dans la plupart des régions arides et semi-arides de l'Asie du Sud.

## Conclusions

L'aridité est la principale caractéristique de la plus grande partie de l'Asie du Sud. C'est le cas de toute la région située à l'ouest de l'Inde. Les principaux sols sont les yermosols calciques, les lithosols et les régosols calcaires qui, à eux tous, représentent

à peu près 50 pour cent de la superficie de l'Asie du Sud. La plus grande partie de cette surface est utilisée uniquement pour la pâture, les cultures étant limitées aux zones irriguées de yermosols profonds, hapliques et calciques. La production de ces sols peut être améliorée par le développement de l'irrigation, mais ces possibilités sont en général limitées. Toutefois, la culture de fourrages supplémentaires sur une partie de la superficie irriguée permettrait éventuellement de rendre la production animale plus sûre et plus profitable.

Les luvisols, les nitosols et les acrisols représentent ensemble environ 25 pour cent de la superficie de l'Asie du Sud. Ils couvrent la majeure partie de la Birmanie et de Sri Lanka, et près d'un tiers de l'Inde. Les luvisols chromiques et ferriques et les nitosols dystriques constituent les unités pédologiques les plus étendues, mais les nitosols eutriques et les acrisols orthiques et humiques occupent aussi de grandes surfaces. On trouve des luvisols chromiques dans de petites parties du Liban, d'Israël, de la Jordanie et aussi de la Syrie. Tous ces sols sont en général peu fertiles, manquent surtout de phosphates assimilables, et de nombreuses zones contiennent peu de bases. Sur plus de la moitié de cette superficie, ils souffrent d'un manque d'humidité.

Les vertisols couvrent environ 10 pour cent de la superficie de l'Asie du Sud. Ils sont très étendus en Inde, où ils occupent à peu près le quart du territoire, mais on les rencontre aussi dans d'autres pays, surtout en zones semi-arides. Ce sont des sols très fertiles; ils ne manquent que de phosphates assimilables mais sont malgré tout difficiles à travailler et leur drainage interne est assez mauvais. Les zones de vertisols pelliculaires souffrent souvent en outre d'un médiocre drainage superficiel. La mécanisation des opérations culturales, un supplément d'irrigation et l'aménagement d'un système de drainage dans les zones basses sont nécessaires pour augmenter la production de ces sols.

Les fluvisols, surtout eutriques et calcaires, ne couvrent qu'environ 5 pour cent de la superficie de l'Asie du Sud, mais ce sont les sols les plus étendus dans le Bangladesh. La plupart des zones correspondantes sont inondées par les cours d'eau, et l'utilisation des terres est fonction de l'intensité et de la durée de leur submersion. Ce sont, d'une manière générale, des sols fertiles qui restent productifs malgré de faibles apports d'engrais. Convenablement aménagés, ils peuvent donner deux bonnes récoltes de riz par an dans les régions à fortes précipitations. Dans les plaines de l'Indus, ils ont besoin d'un supplément d'irrigation pour élever leur niveau de production. Dans les zones arides, comme dans la plaine de Mésopotamie, la production agricole n'y est possible que sous irrigation.

Les cambisols eutriques et dystriques, qui occupent des zones montagneuses à fortes précipitations dans l'Himalaya et l'Elbourz, représentent environ 5 pour cent de la superficie de l'Asie du Sud. Ils se trouvent en général sur de fortes pentes, et l'érosion est donc leur principal problème. Leur meilleure utilisation est la forêt, et les cultures n'y sont possibles qu'après aménagement de terrasses en gradins. Certaines zones conviennent cependant très

bien aux plantations d'arbres fruitiers. Les xérosols couvrent environ 5 pour cent de la superficie de l'Asie du Sud. Ils sont à la limite des possibilités de culture non irriguée. Bien qu'on ne puisse les améliorer sérieusement qu'en les irriguant, il est possible d'intensifier sensiblement la production en faisant alterner une légumineuse résistante à la sécheresse avec le blé et l'orge. Cependant, cette légumineuse doit recevoir un apport d'engrais phosphatés.

### Bibliographie

- ALTAIE, F.H. *The soils of Iraq*. Gand, Université de l'Etat. 1968 (Thèse) (Polycopié)
- BILENSOY, M.C. Crop productivity as affected by some systems of rotation in dry farming areas of Turkey. *Proceedings of the Third FAO/Rockefeller Foundation Wheat Seminar held in Ankara, Turkey, in 1970*, p. 328-330. Rome, FAO.
- BURINGH, P. *Soils and soil conditions in Iraq*, p. 67-74. Bagdad, Ministry of Agriculture.
- DAN, J. et al. *The soils and soil associations map of Israel*. Jérusalem, Ministry of Agriculture and the Hebrew University of Jerusalem.
- DEWAN, M.L. & FAMOURI, J. *The soils of Iran*. Rome, FAO. 1964 FAO et Soil Institute of Iran.
- FAO. *Characteristics and problems of agriculture in India*. 1956 Rome. Background Country Studies No. 10.
- FAO. *Mediterranean Development Project. Iraq country report*. 1959 Rome.
- FAO. *Mediterranean Development Project. Lebanon country report*. 1959 Rome.
- FAO. *Report to the Government of Nepal on soil survey investigations and soil analysis*. Rome. FAO/EPTA Report No. 2043.
- FAO. *Hydro-agricultural development progress. Second interim report to the Government of Saudi Arabia*. Rome.
- FAO. *Soil fertility/fertilizer project in Ceylon. Report to the Government of Ceylon*. Rome, FAO n° 40, Volume 1.
- FAO. *Development of the Sittang river valley. Soils and land classification for irrigation on the Sinthe Project, Burma*. UNDP/SF Project Burma 13. (Projet de rapport)
- FAO. *Soil resources of East Pakistan*. Rome. FAO/UNDP Soil Survey Project, Pakistan.
- FAO. *Soil resources in West Pakistan and their development possibilities. Technical Report*. Rome. FAO/UNDP Soil Survey Project, Pakistan.
- FAO. *Soil survey and soil and water management research and demonstration in the Rajasthan canal area. Soil survey and land classification. 1.2. Semidetalled soil survey of Anupgarh Shakha area*. Rome.
- GIBBS, G.K. *Report to the Government of Iraq on soil conservation*. Rome, FAO.
- INDE. MINISTRY OF FOOD AND AGRICULTURE. *Indian agricultural 1958 Atlas*. New Delhi.
- MOORMANN, F.R. *Report to the Government of Jordan on the 1959 soils of east Jordan*. Rome. FAO/EPTA Report No. 1132.
- MOORMANN, F.R. & PANABOKKE, C.R. *Soils of Ceylon*. Colombo, Government Press. FAO et Land Use Division, Department of Agriculture.
- NATIONS UNIES. *A concise summary of the world population situation in 1970*. New York. Population studies No. 48.
- OSMAN, A. *Contribution à l'étude des sols du Liban nord*. Gand, 1971 Université de l'Etat.
- PANABOKKE, C.R. The great soil groups of Ceylon and their approximate distribution. [Report of the] *First Seminar on Soil Correlation for South and Central Asia, Tashkent, U.S.S.R., 14 September - 2 October 1962*, p. 81-86. Rome, FAO. World Soil Resources Report No. 4.
- PEARSON, F.B. Alternative uses of marginal rainfall areas. 1970 *Proceedings of the Third FAO/Rockefeller Foundation Wheat Seminar held in Ankara, Turkey, in 1970*, p. 323-327. Rome, FAO.
- RANDHAWA, M.S. *Agriculture and animal husbandry in India*. 1958 New Delhi, Indian Council of Agricultural Research.
- RAYCHAUDHURI, S.P. et al. *Soils of India*. New Delhi, Indian Council of Agricultural Research.
- ROZANOV, B.G. *Explanatory note to the soil map of Burma*. 1959 Rangoon, Land Use Bureau. (Polycopié)
- SHAMOOT, S.A. & HUSSINI, K. *Land and water use in the Hashemite Kingdom of Jordan. Part I, Land Resources*. Document soumis à la réunion sur l'utilisation des terres et des eaux au Proche-Orient, tenue à Amman, Jordanie, en mai 1969. Amman, Al Hurieh.
- SMITH, R. *Report on the soils of the Yemen highlands*. Rome, 1970 FAO. (Polycopié)
- SUBRAMANIAN, V.S. et al. *Survey of land and water resources, 1965 Afghanistan*. Volume 4, *Soils*. Rome, FAO. (FAO/SF 9 AFG).
- TESCO/FAO. *Summary of agricultural potential of Wadi Zabid 1971 soils and land capability, Yemen Arab Republic*. Rapport de TESCO, VIZITERV-VITUKI, Budapest, 1971 pour la FAO, Rome.
- VAN LIERE, W.J. *Report to the Government of Syria on the 1965 classification and rational utilization of soils*. Rome, FAO. FAO/EPTA Report No. 2075.

### Propriétés morphologiques, chimiques et physiques des sols de l'Asie du Sud: données provenant de profils sélectionnés

Cette annexe fournit des données sur les profils types de plusieurs des principales unités pédologiques qui figurent comme sols dominants ou associés sur la carte des sols de l'Asie du Sud.

Ces profils sont tirés des documents, publiés ou non, dont on a pu disposer pour l'établissement de la carte. Dans toute la mesure possible, les sources des données utilisées sont citées.

Le but recherché en incluant ces descriptions et ces tableaux est d'aider à définir plus clairement la nature des unités pédologiques représentées sur la carte. Bien que la description et l'analyse d'un ou deux profils de ces grandes unités ne puissent montrer toute la gamme des caractéristiques à l'intérieur desdites unités, on devrait pouvoir, en comparant ces données avec les définitions énoncées dans le volume I et avec les descriptions et analyses figurant dans les autres volumes, se faire plus aisément une idée des concepts sur lesquels se fonde la légende de la carte.

Pour la plupart des unités pédologiques, un seul profil est décrit. Toutefois, pour quelques-unes des unités les plus étendues, deux profils sont décrits afin de donner une certaine idée des variations auxquelles on peut s'attendre.

Les données sont présentées systématiquement de manière à inclure la plupart des informations que l'on trouve généralement dans les rapports de prospections. Vu la pluralité des sources, les renseignements offrent inévitablement une grande diversité. On s'est toutefois efforcé de les uniformiser au maximum afin de permettre des comparaisons valables. Partout où des normes bien définies comme celles du *Soil Survey Manual* du Département de l'agriculture des Etats-Unis (Soil Survey Staff, 1951) ont été utilisées, aucune difficulté n'est apparue. Ailleurs, la définition des termes peut être sujette à caution et il convient de l'interpréter avec circonspection.

### Présentation des données

Dans la mesure du possible, les données ont été tirées telles qu'elles figurent dans les documents originaux. Cependant, certaines modifications ont été apportées par souci de concision ou d'uniformité dans la présentation.

#### DESCRIPTION DU SITE

Les renseignements utilisés pour décrire le site sont les suivants:

**Localisation:** on a essayé de localiser le site de chaque profil d'après la distance et la direction depuis une ville importante, ou par ses coordonnées en latitude et longitude. Toutefois, dans de nombreux rapports, les renseignements fournis étaient insuffisants pour définir l'emplacement exact.

**Altitude:** elle est donnée en mètres au-dessus du niveau de la mer.

**Physiographie:** dans la mesure du possible, on a indiqué la nature du paysage.

**Drainage:** la description du drainage est en général donnée, comme dans le *Soil Survey Manual* du Département de l'agriculture des Etats-Unis, sous forme d'une synthèse du ruissellement, de la perméabilité et du drainage interne du sol.

**Matériau originel:** la roche mère est parfois indiquée sous cette rubrique.

**Végétation:** le type de couverture végétale ou l'utilisation actuelle des sols sont décrits en termes généraux seulement.

**Climat:** il est donné sous forme d'un nombre indicatif, conformément au système Papadakis (1966) décrit au chapitre 4. A titre de description générale, le nom du sous-groupe est également inclus.

## DESCRIPTION DU PROFIL

Seuls des changements mineurs ont été éventuellement apportés aux descriptions des profils. Le plus souvent on s'en est tenu au modèle figurant dans le manuel de la FAO *Directives pour la description des sols*. Toutefois, les désignations des horizons ont été modifiées pour se conformer aux définitions du volume I. Lorsqu'elles n'étaient pas incluses dans la description originale, elles ont été ajoutées sur la base des renseignements d'ordre descriptif et analytique disponibles.

## ANALYSES

Pour interpréter les résultats des analyses, il importe de connaître les méthodes utilisées. La plupart des rapports en donnent une description ou, au moins, les grandes lignes et citent une référence. Faute de ces indications, on peut souvent trouver les renseignements voulus dans d'autres publications.

Les publications suivantes fournissent des données sur la plupart des méthodes utilisées:

- Bangladesh – *Soil resources of Bangladesh*, FAO, 1971, Technical Report No. 3.
- Iran – Soil Institute FAO/UNDP Project, 1972. Soil and Water Laboratory working papers.
- Irak – *The Soils of Iraq*, F.H. Altaie, 1969.
- Liban – *Soil survey and related irrigation schemes*, FAO, 1969. Final Report, Vol. 4.
- Pakistan – *Summary of land capability, West Pakistan*. 1970. FAO/UNDP Soil Survey Project, Pakistan. Project Technical Guide No. 21.

Les chiffres ont été parfois arrondis dans un souci d'uniformisation.

Le pH est en général mesuré sur pâte de sol saturé, mais aussi dans une suspension sol/eau de 1 : 1 ou de 1 : 2,5. Les mesures dans N KCl ont été données lorsqu'elles étaient disponibles.

Analyse granulométrique. Sauf indication contraire, on a utilisé le système international pour les limites de dimensions des différentes classes granulométriques.

Capacité d'échange cationique (CEC). Les méthodes utilisées varient suivant les pays. Au Bangladesh et au Pakistan, le sol est saturé avec  $\text{BaCl}_2$ , puis agité avec une quantité connue de  $\text{MgSO}_4$  et

## PROFILS DE SOLS

Symbole et unité			Pays	Page
Bd	CAMBISOL	dystrique	Bangladesh	80
Be		eutrique	Bangladesh	82
Bh		humique	Bangladesh	84
Bk		calcique	Liban	86
Ge	GLEYSOL	eutrique	Bangladesh	88
Jc	FLUVISOL	calcaire	Bangladesh	90
Je		eutrique	Bangladesh	92
Lc	LUVISOL	chromique	Inde	94
Lc		chromique	Liban	96
Nd	NITOSOL	dystrique	Bangladesh	98
Od	HISTOSOL	dystrique	Bangladesh	100
Qc	ARÉNOSOL	cambique	Koweït	102
Rc	RÉGOSOL	calcaire	Koweït	104
So	SOLONETZ	orthique	Inde	106
Vc	VERTISOL	chromique	Inde	108
Vp		pellique	Inde	110
Xh	XÉROSOL	haplique	Pakistan	112
Yh	YERMOSOL	haplique	Pakistan	114
Yk		calcique	Iran	116
Yk		calcique	Koweït	118
Yy		gypsiq	Irak	120

centrifugé. Le Mg restant est déterminé dans une partie aliquote du liquide surnageant, par titrage à l'éthylène (EDTA)<sup>1</sup>, en utilisant du noir ériochrome comme indicateur, et il est soustrait d'une détermination à blanc pour le calcul de la capacité d'échange cationique.

Cations échangeables. Dans divers pays, dont le Pakistan et le Bangladesh, Ca et Mg sont déterminés par titrage à l'EDTA après extraction par l'acétate d'ammonium à pH 7. Ils ne sont pas déterminés dans les sols calcarifères. Na et K sont déterminés au photomètre à flamme après extraction par l'acétate d'ammonium à pH 7. Les corrections pour Ca, Mg, Na et K solubles sont faites sur des échantillons qui contiennent des quantités notables de sels solubles. Au Liban, Ca et Mg sont déterminés par titrage Versemate, après extraction par le chlorure d'ammonium.

Matières organiques. On utilise la méthode Walkley-Black, avec ou sans modification.

<sup>1</sup> EDTA = éthylènediaminétréacétate.

**Azote.** On emploie en général la méthode Kjeldahl. Au Pakistan et au Bangladesh, le « semi-micro » Kjeldahl est utilisé avec un catalyseur sélénium-cuivre.

**Carbonate de calcium.** On utilise la méthode du calcimètre avec HCl.

**Sels solubles.** On calcule la conductivité électrique (EC) à 25°C d'une pâte de sol saturé ou d'un extrait de saturation et on l'exprime en mmhos/cm.

Les autres méthodes d'analyses sont expliquées, s'il y a lieu, dans les tableaux.

### Considérations générales

Vu le nombre limité de profils présentés, on ne peut examiner en détail les propriétés des unités pédologiques. De plus, les profils n'ont pas été choisis expressément comme échantillons caractéristiques des unités pédologiques particulières, mais plutôt comme représentant assez bien les diverses unités, dans les limites des données disponibles.

Les variations sont de deux ordres, à savoir variations de propriétés d'une unité à l'autre, et variations à l'intérieur de chaque unité.

En dépit du petit nombre d'échantillons, il est possible de suivre le processus général de développement dans une série d'unités telle que les fluvisols – cambisols – luvisols – acrisols – ferralsols. La chute du pH, des bases et du phosphore et l'augmentation de l'ar-

gile montrent bien quelles sont les tendances en présence. Certaines des différences tiennent évidemment à l'utilisation de facteurs tels que la capacité d'échange cationique, le pourcentage de saturation des bases et le pourcentage d'argile dans les définitions, mais le processus dans son ensemble concorde avec notre conception de ces sols. Les niveaux très bas de potassium et de phosphore dans les sols les plus développés constituent une caractéristique notable qui revêt une importance particulière pour leur mise en valeur et leur utilisation à des fins agricoles.

On peut aussi tenir compte des différences à l'intérieur des grandes divisions et des subdivisions. Les différences à l'intérieur des grandes divisions présentent un intérêt particulier, car elles illustrent l'application des critères mis au point pour les définitions des unités. Ces critères, nombreux et divers, englobent des propriétés morphologiques, physiques et chimiques. Les données en fournissent maints exemples et bien d'autres peuvent être trouvés dans les analyses de sols d'autres continents.

Les profils de sols résultent du jeu d'un ensemble complexe de facteurs. Les modifications d'un facteur donné ne se traduisent pas nécessairement par des différences nettement décelables dans les propriétés. Toutefois, les renseignements sur le site et les données morphologiques, physiques et chimiques donnent une bonne idée générale de chaque unité. Ils nous aident aussi à comprendre comment les sols ont été formés, quelles sont leurs relations, comment ils peuvent être classés et de quelle manière ils peuvent être utilisés.

### Bibliographie

- AKRAM, M. *et al. Reconnaissance soil survey of Jhang area.* 1968 Rome, FAO; Lahore, Directorate of Soil Survey. FAO/UNDP Soil Survey Project, Pakistan.
- ERGUN, H.N. *Report to the Government of Kuwait on reconnaissance soil survey.* Rome, FAO (FAO/KU/TF 17).
- ESPINOSA, E.J. *Reconnaissance soil survey, Pabna district.* 1966 Rome, FAO; Dacca, Directorate of Soil Survey. FAO/UNDP Soil Survey Project, Pakistan.
- ESPINOSA, E.J. *Reconnaissance soil survey, Rajshahi district.* 1968 Vol. 2. Appendix. Rome, FAO; Dacca, Directorate of Soil Survey. FAO/UNDP Soil Survey Project, Pakistan.
- FAO. [Report of the] *Meeting on Soil Correlation and Soil Resources Appraisal in India held in New Delhi, India, 5-15 April 1965.* Rome, FAO.
- FAO. *Directives pour la description des sols.* Rome, FAO. 58 p. 1968
- FAO. *Soil resources of Bangladesh.* Rome. Technical Report 1971 No. 3. FAO/UNDP Soil Survey Project, Pakistan.
- RAFIQ, M. *Reconnaissance soil survey. Gujrat district.* Rome, 1967 FAO; Lahore, Directorate of Soil Survey. FAO/UNDP Soil Survey Project, Pakistan.
- SYAL, M.N. *Reconnaissance soil survey of Sargodha. Second edition.* Rome, FAO. Soil Survey Project of Pakistan, Lahore.
- U.S. SOIL CONSERVATION SERVICE. *Soil survey manual.* Washington, D.C., U.S. Department of Agriculture. Handbook No. 18. 503 p.
- VAN DE WEG, R.F. *et al. Semi-detailed soil survey of Sarghaleh area, Ostan Kermanshah, Iran.* Tehran, Ministry of Agriculture, Soil Institute.
- VERHEYE, W. *Formation, classification and land evaluation of soils in Mediterranean areas, with special reference to the southern Lebanon.* Gand, Université de l'Etat. (Thèse) (Polycopié)

**CAMBISOL DYSTRIQUE Bd**

<b>Sol brun des collines</b>	Bangladesh
<b>FAO, 1971</b>	p. 168-169
<b>Localisation</b>	plantation de thé d'Amrail, Srimangal thana; approx. 24° 40'N, 92°E
<b>Altitude</b>	100 m environ
<b>Physiographie</b>	accidenté à montagneux, avec fortes pentes
<b>Drainage</b>	normal
<b>Matériau originel</b>	argiles calcarifères tertiaires, peu consolidées
<b>Végétation</b>	plantation de thé
<b>Climat</b>	1.9, tropical chaud; hiver frais, mousson

**Description du profil**

<b>Ap</b>	<b>0-10 cm</b>	brun jaunâtre (10YR 5/4) à l'état sec; limon argilo-sableux très fin; fortement granulaire grossier et moyen, déjections de vers; dur à l'état sec; nombreux pores fins et assez nombreux pores moyens tubulaires; assez nombreuses racines fines; pH 4,6; transition abrupte régulière.
<b>AB</b>	<b>10-32 cm</b>	brun jaunâtre (10YR 5/6) à l'état sec; limon argilo-sableux très fin; fortement polyédrique angulaire grossier et moyen; peu dur à l'état sec; nombreux pores fins et assez nombreux pores moyens tubulaires; assez nombreuses racines fines; pH 4,6; transition distincte régulière.
<b>Bw1</b>	<b>32-65 cm</b>	brun jaunâtre (10YR 5/6) à l'état sec; limon argileux; fortement polyédrique angulaire moyen; peu dur à l'état sec; nombreux pores fins et assez nombreux pores moyens tubulaires; assez nombreuses racines fines; pH 4,7; transition distincte régulière.
<b>Bw2</b>	<b>65-102 cm</b>	brun jaunâtre (10YR 5/8) à l'état sec; limon argileux; fortement polyédrique angulaire moyen; dur à l'état sec; nombreux pores fins et assez nombreux pores moyens tubulaires; assez nombreuses racines fines; pH 4,7; transition distincte ondulée.
<b>Bc</b>	<b>102-130 cm</b>	jaune brunâtre (10YR 6/8) à l'état frais, avec d'assez nombreuses taches brun vif, fines et peu distinctes; limon argileux; moyennement polyédrique angulaire moyen; dur à l'état sec; nombreux pores fins et assez nombreux pores moyens tubulaires; assez nombreuses racines fines; pH 5,0; transition distincte régulière.
<b>C1</b>	<b>130-167 cm</b>	olive pâle (5Y 6/3) à l'état frais, avec d'assez nombreuses taches brun jaunâtre fines et peu distinctes et de peu nombreuses taches brun foncé fines distinctes; limon argileux; fortement polyédrique subangulaire moyen; dur à l'état sec; peu nombreux pores fins tubulaires; pH 5,1; transition distincte régulière.
<b>C2</b>	<b>167-182 cm</b>	brun grisâtre (2,5Y 5/2) à l'état frais, avec d'assez nombreuses taches jaune brunâtre et brun jaunâtre, moyennes et distinctes; limon argileux; fortement polyédrique subangulaire moyen; très dur à l'état sec; minces pellicules de manganèse en taches le long des faces verticales des unités structurales et des pores; pH 5,4.



## CAMBISOL DYSTRIQUE

Bangladesh

Horizon	Profondeur cm	pH		Cation échangeable me %									CaCO <sub>3</sub> %
		H <sub>2</sub> O	KCl	T	S	V	Ca	Mg	K	Na	Al	H	
Ap	0—10	4,6		11,5	3,2	28	2,7	0,43	0,03	0,05		8,3	
AB	10—32	4,6											
Bw1	32—65	4,7											
Bw2	65—102	4,7		10,3	3,1	30	13,1		0,01	0,05		7,2	
BC	102—130	5,0											
C1	130—167	5,1											
C2	167—182	5,4											

Horizon	Sels solubles		Matière organique				Analyse granulométrique % <sup>2</sup>					Indice floc.
	CE	ppm	% C	% N	C/N	% MO	> 2mm	sable	limon	argile	texture	
Ap			0,83	0,05	17	1,25		55	16	29	limon argileux	
AB			1,52	0,11	14	2,28		53	18	29	limon argileux	
Bw1			1,08	0,08	14	1,62		52	18	30	limon argileux	
Bw2								52	17	31	limon argileux	
BC								52	19	29	limon argileux	
C1			0,71	0,05	14	1,07		50	19	31	limon argileux	
C2	0,6	400						50	19	31	limon argileux	

<sup>1</sup> Ca + Mg.<sup>2</sup> Graduation granulométrique internationale, sauf indication contraire.

**CAMBISOL EUTRIQUE Be****Sol brun de plaine  
d'inondation, non calcarifère**

Bangladesh

**FAO, 1971** p. 164-165**Localisation** près de Ramchandrapur, Mitapukur thana; 25° 30'N, 89° 30'E**Altitude** 90 m environ**Physiographie** faiblement ondulé**Drainage** modéré**Matériau originel** alluvions mélangées**Végétation** riz en été et autres cultures en hiver**Climat** 1.92, tropical chaud; hiver frais, mousson**Description du profil**

<b>Ap</b>	<b>0-12 cm</b>	de brun olive (2,5Y 4/4) à l'état frais à olive pâle (5Y 6/3) à l'état sec; limon fin; massif, se désagrégeant en mottes angulaires grossières; peu dur à l'état sec; friable à l'état frais; non collant et peu plastique à l'état humide; nombreux pores fins tubulaires; pH 5,9; transition abrupte régulière.
<b>B</b>	<b>12-32 cm</b>	de brun (10YR 5/3) à l'état frais à olive pâle (5Y 6/3) à l'état sec; limon fin; faiblement polyédrique subangulaire grossier; peu dur à l'état sec; friable à l'état frais; non collant et peu plastique à l'état humide; nombreux pores fins tubulaires et peu nombreux pores moyens vésiculaires; pH 5,9; transition distincte régulière.
<b>Bc</b>	<b>32-60 cm</b>	brun clair jaunâtre (2,5Y 6/4) à l'état frais; limon; massif; très friable à l'état frais; pH 5,9; transition abrupte ondulée.
<b>2C</b>	<b>60-137 cm</b>	olive pâle (5Y 6/3) à l'état frais; sable fin; structure élémentaire; meuble à l'état frais; pH 6,2.

## CAMBISOL EUTRIQUE

Bangladesh

Horizon	Profondeur cm	pH		Cation échangeable me %									CaCO <sub>3</sub> %
		H <sub>2</sub> O	KCl	T	S	V	Ca	Mg	K	Na	Al	H	
Ap	0—12	5,9		7,3	4,1	57	2,9	0,9	0,20	0,14		3,2	
B	12—32	5,9		7,7	4,1	53	3,4	0,5	0,14	0,08		3,6	
BC	32—60	5,9		3,8	1,4	37	0,8	0,4	0,09	0,08		2,4	
2C	60—137	6,2											

Horizon	Sels solubles CE	Matière organique				Analyse granulométrique %					Indice floc.
		% C	% N	C/N	% MO	> 2mm	sable	limon	argile	texture	
Ap		0,67	0,06	11	1,00		51	35	14	limon fin	
B		0,49	0,06	8	0,74		45	36	19	limon fin	
BC		0,18	0,02	9	0,27		52	36	12	limon fin	
2C	0,05						94	1	5	sable	

**CAMBISOL HUMIQUE Bh****Sol noir de Teraï** Bangladesh**FAO, 1971** p. 166-167**Localisation** Lakhipur, Thakargaon thana; 26° 20'N, 89° 10'E**Altitude** 90 m environ**Physiographie** presque plat à ondulé**Drainage** imparfait; submergé par intermittence par les eaux de pluie jusqu'à quelques centimètres de hauteur en été**Matériau originel** alluvions mélangées**Végétation** millet et riz**Climat** 1.91, tropical chaud; hiver frais, mousson**Description du profil**

<b>Ap1</b>	<b>0-10 cm</b>	de brun grisâtre très foncé (2,5Y 3,5/2) à l'état frais à brun grisâtre (2,5Y 5/2) à l'état sec, avec d'assez nombreuses taches grises fines et peu distinctes; limon sableux; massif, se désagréant en faiblement polyédrique subangulaire moyen et fin; très friable à l'état frais; non collant, non plastique à l'état humide; nombreux pores très fins et fins tubulaires; pH 4,7; transition abrupte régulière.
<b>Ap2</b>	<b>10-13 cm</b>	brun grisâtre très foncé (10YR 3/2) à l'état frais, avec d'assez nombreuses taches brun jaunâtre et grises, fines et distinctes; limon sableux; massif (semelle de labour); très friable à l'état frais; non collant, peu plastique à l'état humide; nombreux pores très fins et fins tubulaires; pH 5,5; transition abrupte régulière.
<b>Ah</b>	<b>13-35 cm</b>	brun grisâtre très foncé (10YR 3/2) à l'état frais; limon sableux; faiblement prismatique grossier, se désagréant en faiblement polyédrique subangulaire moyen et fin; très friable à l'état frais; non collant, non plastique à l'état humide; nombreux pores très fins et fins tubulaires; pH 5,7; transition distincte ondulée.
<b>B</b>	<b>35-50 cm</b>	brun olive clair (2,5Y 5/4) à l'état frais; limon sableux; faiblement polyédrique subangulaire grossier; très friable à l'état frais; non collant, non plastique à l'état humide; nombreux pores très fins et fins tubulaires; pH 6,4; transition distincte régulière.
<b>BC</b>	<b>50-112 cm</b>	brun olive clair (2,5Y 5/4) à l'état frais; sable limoneux; structure élémentaire; meuble à l'état frais; pH 6,5; transition distincte régulière.
<b>C</b>	<b>112-137 cm</b>	gris (5Y 6/1) à l'état frais; sable; structure élémentaire; meuble à l'état frais; pH 6,7.

NOTE: Forte activité des vers de terre et krotovines jusqu'à environ 50 cm de profondeur.

## CAMBISOL HUMIQUE

Bangladesh

Horizon	Profondeur cm	pH		Cation échangeable me %									CaCO <sub>3</sub> %
		H <sub>2</sub> O	KCl	T	S	V	Ca	Mg	K	Na	Al	H	
Ap1	0—10	4,7											
Ap2	10—13	—											
Ah	13—35	5,7											
B	35—50	6,4											
BC	50—112	6,5											
C	112—137	6,7											

Horizon	Sels solubles	Matière organique				Analyse granulométrique %					Indice floc.
		% C	% N	C/N	% MO	> 2mm	sable	limon	argile	texture	
Ap1		1,62	0,16	10	2,43		74	10	16	limon sableux	
Ap2		—	—	—	—		—	—	—	—	
Ah		1,81	0,13	14	2,72		76	8	16	limon sableux	
B		0,77	0,07	11	1,16		78	6	16	limon sableux	
BC		0,14	0,03	5	0,21		90	2	8	sable	
C		0,17	0,02	8	0,26		96	0	4	sable	

**CAMBISOL CALCIQUE Bk****Xerochrept vertique rendollique Liban****Verhey, 1972** profil 2, p. 63**Localisation** 15 km sud-sud-ouest de Saïda; 33° 27'N, 35° 18'E**Altitude** 160 m**Physiographie** plateau de niveau, disséqué près des bords**Drainage** normal**Végétation** culture irriguée de légumes**Climat** 6.1, méditerranéen subtropical humide**Description du profil**

<b>Ap</b>	<b>0-10 cm</b>	brun grisâtre foncé (10YR 4/2) à l'état frais, et brun foncé à brun (10YR 4/3) à l'état sec; argile, avec 3 à 15% de fragments de calcaire fins; moyennement grumeleux fin; collant, plastique, friable; moyennement calcarifère avec inclusions locales peu calcarifères; nombreuses racines et activité biologique moyenne; transition distincte régulière.
<b>B</b>	<b>10-35 cm</b>	brun grisâtre (10YR 4/2) à l'état frais, et brun foncé (10YR 3,5/3) à l'état sec; argile, avec 3 à 15% de fragments de calcaire grossiers; fortement polyédrique subangulaire, moyen et fin; collant, plastique, ferme, dur; moyennement calcarifère avec quelques inclusions peu calcarifères; peu nombreuses racines et faible porosité; transition distincte régulière.
<b>C</b>	<b>35-55 cm</b>	brun jaunâtre (10YR 5/4) à l'état frais, et brun (10YR 5/3) à l'état sec; argile limoneuse, avec 15 à 25% de fragments de calcaire fins et grossiers; massif, avec une tendance vers une structure polyédrique subangulaire fine; non collant, peu plastique, friable, dur; moyennement calcarifère; transition abrupte interrompue.
<b>R</b>	<b>au-delà de 55 cm</b>	calcaire marneux tendre.

## CAMBISOL CALCIQUE

Liban

Horizon	Profondeur cm	pH		Cation échangeable me %									CaCO <sub>3</sub> %
		H <sub>2</sub> O	KCl	T	S	V	Ca	Mg	K	Na	Al	H	
Ap	0—10	8,6		32,6	30,3		25,6	4,0	0,15	0,50			36,5
B	10—35	8,6		31,4	30,0		26,4	2,4	0,42	0,77			38,0
C	35—55	8,7		26,0	26,5		23,6	2,0	0,42	0,52			52,0
R	+55	—											84,5

Horizon	Sels solubles	Matière organique				Analyse granulométrique %					Indice floc.	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> libre
		% C	% N	C/N	% MO	> 2 mm	sable	limon E.-U.	argile	texture		
Ap		0,77	0,09	8,2			9,2	39,3	51,5	argile		2,01
B		0,87	0,09	9,4			11,3	39,5	49,2	argile		1,90
C		0,46	0,07	7,0			14,5	42,5	43,0	argile limoneuse		1,26
R		—	—	—								0,68

**GLEYSOL EUTRIQUE Ge****Haplaquept typique** Bangladesh**Espinosa, 1968** série Digli, p. 25 et 115**Localisation** Naogaon, district de Rajshali; 24° 30'N, 88° 45'E**Altitude** 100 m environ**Physiographie** large bassin presque plat**Drainage** pauvre; submergé sur environ 2 m pendant 4 à 5 mois; non saturé durant à peu près 5 mois en hiver**Matériau originel** alluvions argileuses**Végétation** culture du riz**Climat** 1.91, tropical chaud; hiver frais, mousson**Description du profil**

<b>Apg1</b>	<b>0-8 cm</b>	gris foncé (5Y 4/1) à l'état frais à gris (5Y 5/1) à l'état sec, avec d'assez nombreuses taches brun vif, fines et fortes; argile; massif, se désagrégeant en mottes angulaires grossières; très dur à l'état sec, ferme à l'état frais, collant, plastique à l'état humide; assez nombreux pores fins tubulaires; transition abrupte régulière; pH 4,6.
<b>Apg2</b>	<b>8-13 cm</b>	gris foncé (5Y 4/1) à l'état frais, avec de nombreuses taches brun vif, moyennes et fortes; argile; massif; très ferme à l'état frais, collant, plastique à l'état humide; peu nombreux pores fins tubulaires; transition abrupte régulière, pH 5,5.
<b>Bwg1</b>	<b>13-48 cm</b>	gris (5Y 5/1) à l'état frais, avec de nombreuses taches brun jaunâtre et brun olive clair, fines et moyennes, fortes; argile; fortement prismatique très grossier, se désagrégeant en fortement polyédrique angulaire moyen; très ferme à l'état frais, collant, plastique à l'état humide; cutans gris foncé épais et continus le long des faces verticales et horizontales des unités structurales; assez nombreux pores, très fins et fins tubulaires; transition distincte régulière; pH 5,6.
<b>Bwg2</b>	<b>48-73 cm</b>	gris (5Y 5/1) à l'état frais, avec de nombreuses taches brun jaunâtre, fines et moyennes, fortes; argile; moyennement prismatique grossier, ferme à l'état frais, collant, plastique à l'état humide; cutans gris foncé moyennement épais, continus, le long des faces verticales des unités structurales; assez nombreux pores très fins et fins tubulaires; transition distincte régulière; pH 6,0.
<b>BCg</b>	<b>73-100 cm</b>	brun grisâtre très foncé (2,5Y 3/2) à l'état frais, avec d'assez nombreuses taches brun jaunâtre foncé, fines et distinctes; limon argileux; faiblement polyédrique angulaire grossier; ferme à l'état frais, peu collant, peu plastique à l'état humide; cutans gris minces en taches le long des faces verticales des unités structurales; très peu nombreux nodules de fer-manganèse, petits, tendres et sphériques; assez nombreux pores très fins et fins tubulaires; transition abrupte régulière; pH 5,9.
<b>2Cg</b>	<b>100-138 cm</b>	gris (5Y 5/1) et brun jaunâtre (10YR 5/6) à l'état frais; limon argileux; structure non précisée; peu collant, peu plastique à l'état humide; très peu nombreux nodules de fer-manganèse, petits, tendres et durs, sphériques; pH 6,0.



## GLEYSOL EUTRIQUE

Bangladesh

Horizon	Profondeur cm	pH		Cation échangeable me %									CaCO <sub>3</sub> %
		H <sub>2</sub> O	KCl	T	S	V	Ca	Mg	K	Na	Al	H	
Apg1	0—8	4,6		19,0	10,8	57	7,3	2,7	0,52	0,32		8,2	
Bwg1	13—48	5,6		25,8	20,1	78	14,6	4,9	0,33	0,28		5,7	
Bwg2	48—73	6,0		20,4	15,8	77	11,0	4,2	0,24	0,34		4,6	
BCg	73—100	5,9		14,7	11,0	75	6,6	4,0	0,19	0,24		3,7	
2Cg	100—138	6,0					—	—	—	—		—	

Horizon	Sels solubles	Matière organique				Analyse granulométrique %					Indice floc.
		% C	% N	C/N	% MO	> 2mm	sable	limon	argile	texture	
Apg1		2,43	0,19	13			20	24	56	argile/ argile limoneuse	
Bwg1		1,18	0,15	8			5	17	78	argile	
Bwg2		0,74	0,08	9			18	22	60	argile	
BCg		—					47	18	35	limon argileux	
2Cg		—					45	18	37	argile/ limon argileux	

**FLUVISOL CALCAIRE Je****Alluvions calcarifères** Bangladesh**FAO, 1971** p. 148-149**Localisation** Horni, Hatiya thana; approx. 23°N, 91°E**Altitude** 30 m environ**Physiographie** presque plat**Drainage** pauvre saisonnièrement; submergé par 0,3 à 0,6 m d'eau pendant 3 à 4 mois**Matériau originel** alluvions mélangées, calcarifères**Végétation** riz et légumineuses d'hiver**Climat** 1.92, tropical chaud; hiver frais, mousson**Description du profil**

<b>Apg1</b>	<b>0-12 cm</b>	olive (5Y 4/3) à l'état frais, avec des taches brun jaunâtre (10YR 5/8), brun jaunâtre foncé (10YR 4/4) et gris verdâtre; limon fin; non structuré (massif); friable à l'état frais; assez nombreuses racines fines; assez nombreux pores fins tubulaires; pH 6,8; transition distincte régulière.
<b>Apg2</b>	<b>12-17 cm</b>	gris olive (5Y 5/2) à l'état frais, avec d'assez nombreuses grandes et fortes taches ferrugineuses rouge jaunâtre; limon fin; non structuré (massif); friable à l'état frais; assez nombreuses racines fines; assez nombreux pores fins tubulaires; pH 7,8; légère effervescence avec l'acide dilué; transition abrupte régulière.
<b>Cg1</b>	<b>17-45 cm</b>	olive (5Y 5/3) à l'état frais, avec d'assez nombreuses taches gris clair (5Y 7/1), fines et peu distinctes; limon fin; finement stratifié, avec de minces revêtements gris en taches le long des fissures verticales; friable à l'état frais; peu nombreux pores fins tubulaires; pH 8,3; forte effervescence avec l'acide dilué; transition distincte régulière.
<b>Cg2</b>	<b>45-75 cm</b>	olive (5Y 4/3) à l'état frais, avec d'assez nombreuses taches gris clair (5Y 7/1) et brun olive clair, fines et peu distinctes; limon fin; finement stratifié; friable à l'état frais; minces revêtements gris presque continus sur les fissures verticales; peu nombreux pores moyens tubulaires; pH 8,3; forte effervescence avec l'acide dilué; transition graduelle régulière.
<b>Cg3</b>	<b>75-105 cm</b>	olive (5Y 5/4) à l'état frais, avec de peu nombreuses taches gris clair (5Y 5/1), fines et peu distinctes; limon fin; finement stratifié; très friable à l'état frais; pH 8,3; légère effervescence avec l'acide dilué; transition graduelle régulière.
<b>2Cg</b>	<b>105-135 cm</b>	olive (5Y 5/4) à l'état frais, avec d'assez nombreuses taches brun jaunâtre foncé (10YR 4/4) moyennes distinctes et de peu nombreuses taches gris clair fines et peu distinctes; limon argileux fin; stratifié; friable à l'état frais; pH 8,3; légère effervescence avec l'acide dilué; transition diffuse régulière.
<b>3Cg</b>	<b>135-162 cm</b>	olive (5Y 4/4) à l'état frais, avec d'assez nombreuses taches brun jaunâtre foncé (10YR 3/4) moyennes distinctes; limon fin; très friable à l'état frais; pH 8,4; légère effervescence avec l'acide dilué.

## FLUVISOL CALCAIRE

Bangladesh

Horizon	Profondeur cm	pH		Cation échangeable me %									CaCO <sub>3</sub> %
		H <sub>2</sub> O	KCl	T	S	V	Ca	Mg	K	Na	Al	H	
Apg1	0—12			11,43	9,81	86	7,44	1,52	0,12	0,73		1,62	
Apg2	12—17												
Cg1	17—45			8,88					0,10	0,50			
Cg2	45—75												
Cg3	75—105												
2Cg	105—135			14,26					0,24	0,73			
3Cg	135—162												

Horizon	Sels solubles	Matière organique				Analyse granulométrique %					Indice floc.
		% C	% N	C/N	% MO	> 2mm	sable	limon.	argile	texture	
Apg1		0,97	0,07	14	1,46		22,8	54,2	23,0	limon très fin	
Apg2		0,57	0,04	14	0,86		18,9	55,1	26,0	limon très fin/ limon argileux fin	
Cg1		0,24	0,02	12	0,36		25,9	59,5	14,6	limon très fin	
Cg2		—					28,1	55,1	16,8	limon très fin	
Cg3		—					19,9	59,2	20,9	limon très fin	
2Cg		—					12,4	58,5	29,1	limon argileux fin	
3Cg		—					30,9	53,3	15,8	limon très fin	

**FLUVISOL EUTRIQUE Je****Alluvions non calcarifères** Bangladesh**FAO, 1971** p. 146-147**Localisation** Gopalpur thana, subdivision de Tangail; approx. 24° 30'N, 90°E**Altitude** 50 m environ**Physiographie** faiblement ondulé**Drainage** pauvre saisonnièrement; submergé sur 0,7 m pendant environ 10 jours en été**Matériau originel** alluvions mélangées, non calcarifères**Végétation** culture du riz**Climat** 1.92, tropical chaud; hiver frais, mousson**Description du profil**

<b>Ap</b>	<b>0-12 cm</b>	gris (5Y 5/1) à l'état frais, avec de peu nombreuses taches brun jaunâtre, fines et distinctes; limon fin; moyennement motteux, fin, avec des restes de stratification; friable à l'état frais, peu plastique et peu collant à l'état humide; peu nombreux pores fins tubulaires; nombreuses racines fines; pH 7,3; transition distincte régulière.
<b>Cg1</b>	<b>12-20 cm</b>	gris (N 6) et brun grisâtre foncé (2,5Y 4/2) à l'état frais, avec d'assez nombreuses taches brunes (7,5YR 4/4), fines et distinctes; limon fin; massif; finement stratifié; très friable à l'état frais; assez nombreux pores fins tubulaires; assez nombreuses racines fines; pH 7,5; transition abrupte régulière.
<b>Cg2</b>	<b>20-55 cm</b>	gris olive (5Y 4/2) à l'état humide, avec d'assez nombreuses taches brun olive, fines et peu distinctes; limon fin; massif; très finement stratifié; friable à l'état frais; plastique et peu collant à l'état humide; minces revêtements ferrugineux, presque continus, sur des fissures verticales à environ 15 cm les unes des autres; peu nombreux pores fins tubulaires; peu nombreuses racines fines, concentrées le long des fissures verticales; pH 7,4; transition abrupte régulière.
<b>Cg3</b>	<b>55-73 cm</b>	couleur non précisée; limon fin; stratifié; pH 7,3; transition abrupte régulière.
<b>2C</b>	<b>73-87 cm</b>	couleur non précisée; limon argileux fin; transition abrupte régulière.
<b>3C</b>	<b>87-120 cm</b>	sable fin.

## FLUVISOL EUTRIQUE

## Bangladesh

Horizon	Profondeur cm	pH		Cation échangeable me %									CaCO <sub>3</sub> %
		H <sub>2</sub> O	KCl	T	S	V	Ca	Mg	K	Na	Al	H	
Ap	0—12			13,4									
Cg1	12—20			10,1								0,7	
Cg2	20—55			13,09	11,89	91	10,2	1,4	0,16	0,13		1,2	
Cg3	55—73			11,63	10,43	90	8,8	1,5	0,06	0,07		1,2	

Horizon	Sels solubles CE	Matière organique				Analyse granulométrique %					Indice floc.
		% C	% N	C/N	% MO	> 2mm	sable	limon	argile	texture	
Ap		0,57	0,04	14	0,86		35	47	18	limon fin	
Cg1		0,31	0,02	16	0,46		60	32	8	limon fin	
Cg2		0,61	0,04	15	0,92		27	55	18	limon très fin	
Cg3	0,22						26	20	4	sable limoneux	

**LUVISOL CHROMIQUE Lc****Limon rouge profond** Inde**FAO, 1965** p. 86-87**Localisation** route Bangalore-Tumkur près de la borne kilométrique 14; approx. 13°N, 77°E**Altitude** 700 m environ**Physiographie** faiblement ondulé**Drainage** normal**Matériau originel** gneiss**Végétation** graminées à courtes tiges, rares buissons épineux, quelques arbres**Climat** 1.4, tropical chaud**Description du profil**

<b>Ah</b>	<b>0-13 cm</b>	rouge jaunâtre (5YR 4/6) à l'état sec, brun rougeâtre (5YR 4/3-4/4) à l'état frais; limon sableux avec des grains très fins de sable brillant; canaux radiculaires fins et un certain nombre de petits pores; moyennement grumeleux, granulométrie moyenne; tendre à l'état sec, friable à l'état frais et peu collant à l'état humide; abondantes racines de graminées; transition distincte régulière.
<b>BA</b>	<b>13-56 cm</b>	rouge (2,5YR 4/6) à l'état sec, rouge foncé (2,5YR 3/6) à l'état frais; limon avec un peu de gravier de quartz fin; moyennement polyédrique subangulaire, classe de texture moyenne; peu dur à l'état sec, friable à l'état frais et peu collant et plastique à l'état humide; abondantes racines fines et peu nombreuses grosses racines; transition diffuse.
<b>Bt1</b>	<b>56-92 cm</b>	rouge foncé (2,5YR 3/6) à l'état sec et à l'état frais; limon argileux; moyennement polyédrique subangulaire moyen se désagrégeant en polyédrique subangulaire fin; peu dur à l'état sec; friable à l'état frais, collant et plastique à l'état humide; transition diffuse.
<b>Bt2</b>	<b>92-150 cm</b>	rouge jaunâtre (6YR 4/6) à l'état sec, brun rougeâtre (5YR 4/4) à l'état frais; limon argileux à argile, avec graviers de quartz fin épars; moyennement grumeleux à faiblement polyédrique; un certain nombre de pores; dur à l'état sec, peu ferme à l'état frais et collant à l'état humide; transition diffuse.
<b>BC</b>	<b>150-183 cm</b>	rouge jaunâtre (5YR 4/8) à l'état sec, rouge jaunâtre (5YR 4/6) à l'état frais; limon argileux graveleux avec 30 à 40 % de gravier de quartz, granulométrie de 0,5 à 20 mm, avec de peu nombreuses concrétions de fer et de manganèse; moyennement polyédrique subangulaire, classe de texture moyenne; dur à l'état sec et collant à l'état humide.
<b>C</b>	<b>183 cm</b>	gneiss altéré.

## LUVISOL CHROMIQUE

Inde

Horizon	Profondeur cm	pH		Cation échangeable me %									CaCO <sub>3</sub> %
		H <sub>2</sub> O	KCl	T	S	V	Ca	Mg	K	Na	Al	H	
Ah	0—13	6,7		6,5			0,100						
BA	13—56	6,5		9,1			0,100						
Bt1	56—92	6,5		8,5			0,105						
Bt2	92—150	6,6		9,6			0,120						
BC	150—183	6,6		11,3			0,135						

Horizon	Sels solubles CE	Matière organique				Analyse granulométrique %						Indice floc.
		% C	% N	C/N	% MO	> 2 mm	sable grossier	sable fin	limon	argile	texture	
Ah	0,30	0,87					33,95	35,60	13,92	14,68	limon	
BA	< 0,1	0,60					33,25	22,75	10,52	31,08	limon argileux	
Bt1	< 0,1	0,45					28,25	23,00	14,60	32,60	limon argileux	
Bt2	< 0,1	0,33					27,45	27,25	11,76	32,24	limon argileux	
BC	< 0,1	0,30					29,20	20,55	13,60	33,40	limon argileux	

Horizon	Capacité de rétention d'eau	Humidité équivalente	Total CaO %	Total P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	Total K <sub>2</sub> O %
Ah	34,94	13,86	0,196	0,0033	0,224
BA	41,16	16,09	0,140	0,0036	0,469
Bt1	40,33	19,16	0,140	0,0012	0,432
Bt2	38,69	18,04	0,182	0,0093	0,116
BC	32,58	20,52	0,210	0,0047	0,249

**LUVISOL CHROMIQUE Lc****Haploxeraf rendollique** Liban**Verhey, 1972** profil 5, p. 91**Localisation** 300 m à l'ouest de Sfaraï; 33° 33'N, 35° 29'E**Altitude** 450 m**Physiographie** plateau légèrement incliné avec des bords disséqués abrupts, dans un paysage karstique**Drainage** quelque peu imparfait**Matériau originel** calcaire dolomitique dur, perméable**Végétation** forêt de chênes verts méditerranéenne**Climat** 6.1, méditerranéen subtropical humide**Description du profil**

<b>Ah</b>	<b>0-14 cm</b>	brun rougeâtre foncé (5YR 3/4) à l'état frais et à l'état sec; argile, avec 3 à 15% de graviers de calcaire; fortement granulaire moyen et grossier; très collant, très plastique, ferme, très dur; non calcarifère; nombreuses racines; porosité et activité biologique moyennes; transition distincte régulière.
<b>Bt</b>	<b>14-39 cm</b>	brun rougeâtre foncé (5YR 3/4) à l'état frais et à l'état sec; argile, avec 3 à 15% de graviers de calcaire; fortement polyédrique angulaire, moyen et fin, souvent regroupé en éléments subangulaires grossiers; très collant, très plastique, ferme, très dur; cutans fins continus sur les unités structurales fines; non calcarifère; assez nombreuses racines, porosité et activité biologique faibles; transition distincte graduelle.
<b>BC</b>	<b>39-80 cm</b>	brun jaunâtre (5YR 4/6) à l'état frais et à l'état sec, avec des panachures brun très foncé (7,5YR 5/6) diffuses; argile, avec 3 à 15% de fragments de calcaire; moyennement polyédrique angulaire, moyen et fin, souvent regroupé en éléments subangulaires grossiers et moyens; très collant, très plastique, ferme, très dur; cutans fins discontinus sur les unités structurales fines; presque non calcarifère; pas de racines; porosité et activité biologique très faibles. Inclusions de quelques matériaux brun très foncé (7,5YR 5/6) de sol argileux, calcaires, diffus, sans structure apparente, observées immédiatement au-dessous des fragments grossiers de calcaire dans l'horizon; transition abrupte interrompue.
<b>R</b>	<b>au-delà de 80 cm</b>	calcaire dolomitique dur, se désintégrant en nombreux fragments de différentes formes et dimensions.



## LUVISOL CHROMIQUE

Liban

Horizon	Profondeur cm	pH		Cation échangeable me %									CaCO <sub>3</sub> %
		H <sub>2</sub> O	KCl	T	S	V	Ca	Mg	K	Na	Al	H	
Ah	0—14	8,1	6,6	26,6	23,7		18,8	3,6	0,63	0,70			0
Bt	14—39	8,0	6,4	27,0	24,0		18,8	4,0	0,46	0,70			4,5
BC	39—80	8,4	7,2	25,0	22,1		18,8	2,8	0,21	0,27			16,5
BC <sup>1</sup>	39—80	8,4	7,0	—			—		—	—			24,5

Horizon	Sels solubles	Matière organique				Analyse granulométrique %					Indice floc.	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> libre
		% C	% N	C/N	% MO	> 2mm	sable	limon	argile	texture		
Ah		2,56	0,31	8,2			9,5	19,1	71,4	argile		9,07
Bt		1,04	0,21	5,0			7,9	15,6	76,5	argile		9,26
BC		0,56	0,15	3,7			11,9	15,3	72,8	argile		8,00
BC <sup>1</sup>		0,72	—	—			16,8	11,1	72,1	argile		7,30

<sup>1</sup> Matériau calcaire sous fragments calcaires grossiers.

**NITOSOL DYSTRIQUE Nd**

**Sol brun-rouge  
profond de terrasse** Bangladesh

**FAO, 1971** p. 172-173

**Localisation** Nayanpur, Joydepur thana; approx. 24°N, 90° 15'E

**Altitude** 60 m environ

**Physiographie** sommet presque de niveau d'une terrasse disséquée doucement vallonnée

**Drainage** normalement à modérément bien drainé

**Matériau originel** argile du Pléistocène ou du tertiaire

**Végétation** forêt de sals (*Shorea robusta*)

**Climat** 1.92, tropical chaud; hiver frais, mousson

**Description du profil**

<b>Ah1</b>	<b>0-4 cm</b>	brun foncé (7,5YR 3/4) à l'état frais, brun (7,5YR 5/4) à l'état sec; limon; faiblement feuilleté, fin; tendre à l'état sec; très friable à l'état frais; non collant, non plastique à l'état humide; nombreux pores très fins tubulaires; pH 6,1; transition abrupte régulière.
<b>Ah2</b>	<b>4-7 cm</b>	brun foncé (7,5YR 4/2) à l'état frais, brun (7,5YR 5/4) à l'état sec; limon argileux; faiblement polyédrique subangulaire, fin à moyen; peu dur à l'état sec; friable à l'état frais; peu collant et peu plastique à l'état humide; nombreux pores très fins tubulaires; pH 5,2; transition abrupte ondulée.
<b>BA</b>	<b>7-15 cm</b>	rouge jaunâtre (5YR 4/6) à l'état frais, jaune rougeâtre (5YR 6/6) à l'état sec; argile; faiblement polyédrique subangulaire, moyen à grossier; dur à l'état sec; friable à l'état frais; collant et plastique à l'état humide; nombreux pores très fins tubulaires; pH 5,2; transition abrupte ondulée.
<b>Bt1</b>	<b>15-47 cm</b>	rouge (2,5YR 4/6) à l'état frais, rouge clair (2,5YR 6/6) à l'état sec; argile; moyennement polyédrique subangulaire fin; dur à l'état sec; ferme à l'état frais; collant et plastique à l'état humide; nombreux pores très fins tubulaires; pH 5,2-5,5; transition graduelle régulière.
<b>Bt2</b>	<b>47-115 cm</b>	comme Bt1; pH 5,6-5,7; transition graduelle régulière.
<b>C1</b>	<b>115-155 cm</b>	rouge (2,5YR 4/6) à l'état frais, rouge clair (2,5YR 6/6) à l'état sec, avec d'assez nombreuses taches brun très pâle (10YR 7/4) fines distinctes et de peu nombreuses taches noires (10YR 2/1 à l'état sec) fines et moyennes, fortes; argile; fortement polyédrique angulaire et subangulaire, fin; dur à l'état sec; ferme à l'état humide; très collant et très plastique à l'état humide; assez nombreux pores très fins tubulaires; pH 5,5; transition graduelle régulière.
<b>C2</b>	<b>155-190 cm</b>	brun rougeâtre (2,5YR 4/4 à l'état frais, 5/4 à l'état sec), avec de nombreuses taches jaune pâle (2,5Y 7/4) et noires (10YR 2/1 à l'état sec), grossières et distinctes; argile; fortement polyédrique angulaire et subangulaire, fin et moyen; dur à l'état sec; ferme à l'état frais; très collant et très plastique à l'état humide; assez nombreux pores très fins tubulaires; peu nombreuses concrétions fines de manganèse; pH 5,5-5,4.

## NITOSOL DYSTRIQUE

Bangladesh

Horizon	Profondeur cm	pH		Cation échangeable me %									CaCO <sub>3</sub> %
		H <sub>2</sub> O	KCl	T	S	V	Ca	Mg	K	Na	Al	H	
Ah1	0—4	6,1		10,32	5,83	56	3,26	2,02	0,50	0,05		4,49	
Ah2	4—7	5,2											
BA	7—15	5,2		10,84	4,11	38	2,10	1,40	0,50	0,11		6,73	
Bt1	15—31	5,2											
Bt1	31—47	5,5											
Bt2	47—70	5,6											
Bt2	70—95	5,7		9,75	1,54	16	1,02	0,34	0,15	0,03		8,21	
C1	135—155	5,5		11,37	1,96	17	1,02	0,85	0,06	0,03		9,41	

Horizon	Sels solubles CE	Matière organique				Analyse granulométrique %					Indice floc.
		% C	% N	C/N	% MO	> 2mm	sable	limon	argile	texture	
Ah1		1,41	0,11	13	2,12		60,1	22,5	17,4	limon	
Ah2		1,10	0,09	12	1,66		48,2	20,7	31,1	limon argileux	
BA		0,88	0,08	10	1,32		37,7	20,8	41,5	argile	
Bt1		0,68	0,07	10	1,02		31,9	19,1	49,0	argile	
Bt1							29,0	18,0	53,0	argile	
Bt2							27,8	18,0	54,2	argile	
Bt2							26,7	18,8	54,5	argile	
C1	0,07						28,3	18,2	53,5	argile	

**HISTOSOL DYSTRIQUE Od**

<b>Tourbe</b>	Bangladesh
<b>FAO, 1971</b>	p. 151
<b>Localisation</b>	Satla, Banaripara thana; approx. 23°N, 90°E
<b>Altitude</b>	5 m environ
<b>Physiographie</b>	bassin presque de niveau
<b>Drainage</b>	très pauvre; submergé saisonnièrement jusqu'à 2 m de hauteur
<b>Matériau originel</b>	tourbe et fange
<b>Végétation</b>	graminées et roseaux; par places, jacinthes d'eau
<b>Climat</b>	1.92, tropical chaud; hiver frais, mousson

**Description du profil**

<b>Ha1</b>	<b>0-20 cm</b>	horizon saprique: les fibres représentent moins du tiers de la masse totale; brun très foncé (10YR 2/2) à l'état humide; pas de changement de couleur lorsque fortement pressé; serré dans la main, le liquide extrait est trouble, et plus des deux tiers de la masse passent entre les doigts; non collant et peu plastique; transition abrupte régulière.
<b>Ha2</b>	<b>20-62 cm</b>	horizon saprique: les fibres représentent environ un tiers de la masse totale; noir (5YR 2/1) à l'état humide; la couleur vire au noir (10YR 2/1) lorsque fortement pressé; serré dans la main, le liquide extrait est trouble, et près des deux tiers de la masse passent entre les doigts.
<b>He1</b>	<b>62-77 cm</b>	horizon hémique: les fibres représentent environ la moitié de la masse totale; noir (5YR 2/1) à l'état humide; pas de changement de couleur lorsque fortement pressé; serré dans la main, le liquide extrait est trouble, et plus de la moitié de la masse totale suinte entre les doigts.
<b>He2</b>	<b>77-117 cm</b>	horizon hémique: les fibres représentent environ la moitié de la masse totale; noir (5YR 2/1) à l'état humide; la couleur vire au noir (10YR 2/1) lorsque fortement pressé; serré dans la main, le liquide extrait est trouble, et environ la moitié de la masse totale suinte entre les doigts.
<b>Hi</b>	<b>117-150 cm</b>	horizon fibrique: les fibres représentent plus des deux tiers de la masse totale; brun très foncé (10YR 2/2) à l'état humide; la couleur vire au noir (5YR 2/1) lorsque fortement pressé; serré dans la main, le liquide extrait est clair, et moins du tiers de la masse totale suinte entre les doigts.

## HISTOSOL DYSTRIQUE

Bangladesh

Horizon	Profondeur cm	pH		Cation échangeable me %									CaCO <sub>3</sub> %
		H <sub>2</sub> O	KCl	T	S	V	Ca	Mg	K	Na	Al	H	
Ha1	0—20	5,3											
Ha2	20—62	5,5											
He1	62—77	5,7											
He2	77—117	5,4											
Hi	117—150	5,5											

Horizon	Sels solubles	Matière organique				Analyse granulométrique %					Indice floc.
		% C	% N	C/N	% MO	> 2 mm	sable	limon	argile	texture	
Ha1		20,39	1,21	17	30,66						
Ha2		35,92	2,24	16	54,00						
He1		50,35	2,51	20	75,72						
He2		48,76	2,38	20	73,32						
Hi		45,09	1,89	24	67,80						

**ARÉNOSOL CAMBIQUE Qc**

<b>Sol désertique</b>	Koweït
<b>Ergun, 1969</b>	profil 2, p. 49
<b>Localisation</b>	à l'est de la pépinière sise près de la ville de Koweït; approx. 90°N, 48°E
<b>Altitude</b>	30 m environ
<b>Physiographie</b>	plat à ondulé
<b>Drainage</b>	modéré
<b>Matériau originel</b>	grès marin calcarifère, semi-consolidé
<b>Végétation</b>	méditerranéenne, buissons épars, semi-désertique; sous pâturage
<b>Climat</b>	3.2, désertique subtropical chaud

**Description du profil**

<b>A</b>	<b>0-18 cm</b>	brun pâle (10YR 6/3) à brun (10YR 5/3) à l'état frais; sable limoneux; faiblement polyédrique grossier, se désagrégeant en structure élémentaire; meuble; fortement calcarifère; couche de petit gravier blanchâtre sur la surface.
<b>Cck1</b>	<b>18-50 cm</b>	brun jaunâtre clair-brun très pâle (10YR 6,5/4) à brun jaunâtre-brun jaunâtre clair (10YR 5,5/4) à l'état frais; sable limoneux; structure élémentaire; meuble; fortement calcarifère; contient quelques petits graviers blanchâtres.
<b>Cck2</b>	<b>50-100 cm</b>	brun très pâle (10YR 8/3) à brun très pâle (10YR 7/3) à l'état frais; sable graveleux-sable limoneux; l'horizon comporte une couche légèrement indurée; friable; ferme; moyennement à fortement calcarifère.
<b>C</b>	<b>100-148 cm</b>	blanc (10YR 8/2) à gris clair (10YR 7/2) à l'état frais; sable; ferme; moyennement calcarifère.

## ARÉNOSOL CAMBIQUE

Koweït

Horizon	Profondeur cm	pH		Cation échangeable me %									CaCO <sub>3</sub> %
		Pâte H <sub>2</sub> O	KCl	T	S	V	Ca	Mg	K	Na	Al	H	
A	0—18	8,2		3,32									3,32
Cck1	18—50	8,3		11,73									11,73
Cck2	50—100	8,1		12,45									12,45
C	100—148	8,1		8,24									8,24

Horizon	Sels solubles	Matière organique				Analyse granulométrique %					Indice floc.
	CE	% C	% N	C/N	% MO	pierres/ graviers	sable	limon	argile	texture	
A	0,80					7,78	82,32	10,30	7,38	sable limoneux	
Cck1	1,40					2,93	88,36	5,15	6,49	sable limoneux	
Cck2	3,20					3,67	88,79	2,60	8,61	sable limoneux	
C	1,40					0,36	90,74	1,67	7,59	sable	

**RÉGOSOL CALCAIRE Rc**

**Catégorie intermédiaire**  
**Régosol-sol désertique**

Koweït

**Ergun, 1969** profil n° 5, p. 60

**Localisation** nord-ouest de Mutla; approx. 29°N, 48°E

**Altitude** 90 m environ

**Physiographie** ondulé

**Drainage** excessif

**Matériau originel** sable

**Végétation** méditerranéenne, buissons, semi-désertique

**Climat** 3.2, désertique subtropical chaud

**Description du profil**

<b>A</b>	<b>0-4 cm</b>	brun pâle (10YR 6/3) à brun (10YR 5/3) à l'état frais; sable limoneux; faiblement feuilleté; meuble; fortement calcarifère; mince couche de gravier blanchâtre sur la surface.
<b>Ck1</b>	<b>4-70 cm</b>	brun pâle (10YR 6/3) à brun (10YR 5/3) à l'état frais; sable; structure élémentaire; meuble; plus calcarifère que l'horizon ci-dessus.
<b>Ck2</b>	<b>70-95 cm</b>	brun pâle-brun très pâle (10YR 6,5/3) à brun jaunâtre (10YR 5/4) à l'état frais; sable; structure élémentaire; meuble; fortement calcarifère.
<b>C</b>	<b>95-150 cm</b>	gris clair-brun très pâle (10YR 7/2,5) à gris clair (10YR 7/2) à l'état frais; sable; structure élémentaire; meuble; moyennement calcarifère.



## RÉGOSOL CALCAIRE

Koweït

Horizon	Profondeur cm	pH		Cation échangeable me %									CaCO <sub>3</sub> %
		H <sub>2</sub> O	KCl	T	S	V	Ca	Mg	K	Na	Al	H	
A	0—4	8,2		6,3									10,31
Ck1	4—30	8,4		4,90									12,65
Ck1	30—70	8,1		5,40									11,07
Ck2	70—95	8,3		6,80									11,28
C	95—130	8,3		8,10									0,95
C	130—150	8,4		8,70									0,92

Horizon	Sels solubles	Matière organique				Analyse granulométrique %					Indice floc.
	CE	% C	% N	C/N	% MO	> 2 mm	sable	limon	argile	texture	
A	0,45					16,42	83,97	9,58	6,45	sable limoneux	
Ck1	0,38					16,81	85,70	7,93	6,37	sable limoneux	
Ck1	1,20					6,92	88,40	5,91	5,69	sable limoneux	
Ck2	0,20					9,45	89,73	4,42	5,85	sable	
C	0,28					11,51	92,66	2,37	4,97	sable	
C	0,35					8,09	97,97	0,22	3,81	sable	

**SOLONETZ ORTHIQUE So****Sol salin et alcalin** Inde**FAO, 1965** p. 65-67**Localisation** près de Meerut, Uttar Pradesh; approx. 29°N, 77° 33'E**Altitude** 250 m environ**Physiographie** presque de niveau**Drainage** imparfait; nappe phréatique à 2,5 m en mars**Matériau originel** alluvions mélangées, calcarifères**Végétation** graminées tolérant le sel et les milieux alcalins**Climat** 4.2, subtropical à mousson**Description du profil**

<b>Ah</b>	<b>0-5 cm</b>	brun jaunâtre clair (2,5Y 6/4) à l'état sec, brun olive clair (2,5Y 5/4) à l'état frais; limon; faiblement feuilleté; fin; meuble à tendre; légère effervescence avec l'acide dilué; pH 10,3; grande quantité de racines fines; transition distincte régulière.
<b>Btn1</b>	<b>5-30 cm</b>	jaune pâle (2,5Y 7/4) à l'état sec, brun jaunâtre clair (2,5Y 6/4) à l'état frais; limon argileux; faiblement polyédrique subangulaire et faiblement prismatique, sommets des prismes arrondis à non arrondis; peu dur à l'état sec, friable à l'état frais; légère effervescence avec HCl dilué; pH 10,4; grande quantité de racines; transition graduelle.
<b>Btn2</b>	<b>30-60 cm</b>	brun jaunâtre clair (2,5Y 6/4) à l'état sec; brun olive clair (2,5Y 5/4) à l'état frais, vagues taches brun jaunâtre; argile; faiblement polyédrique moyen; dur à l'état sec, friable à l'état frais; légère effervescence avec l'acide dilué; pH 10,3; racines peu nombreuses; concrétions ferrugineuses peu nombreuses; transition diffuse.
<b>Btn3</b>	<b>60-75 cm</b>	brun jaunâtre clair (2,5Y 6/4) à l'état sec; brun olive clair (2,5Y 5/4) à l'état frais, taches distinctes brun jaunâtre; argile; moyennement polyédrique, classe de structure moyenne; dur à l'état sec, peu ferme à l'état frais; légère effervescence avec l'acide dilué; pH 10,2; racines peu nombreuses; concrétions ferrugineuses plus nombreuses; transition graduelle.
<b>Btn4</b>	<b>75-132 cm</b>	jaune pâle (2,5Y 7/4) à l'état sec, brun jaunâtre clair (2,5Y 6/4) à l'état frais, taches distinctes brun jaunâtre; argile; moyennement polyédrique, classe de structure moyenne; dur à l'état sec, peu ferme à l'état frais; légère effervescence avec KCl dilué; pH 10,0; concrétions ferrugineuses brun noirâtre arrondies augmentant en nombre et dimensions avec la profondeur; transition graduelle.
<b>BC</b>	<b>132-160 cm</b>	jaune olive (2,5Y 6/6) à l'état sec, brun olive clair (2,5Y 5/4) à l'état frais; limon argileux; faiblement polyédrique subangulaire moyen; très dur à l'état sec, ferme à l'état frais; légère effervescence avec l'acide; très peu nombreuses concrétions ferrugineuses; transition graduelle.
<b>C</b>	<b>au-delà de 160 cm</b>	jaune pâle (2,5Y 7/4) à l'état sec, brun jaunâtre clair (2,5Y 6/4) à l'état frais; limon argileux; faiblement polyédrique subangulaire; peu dur à l'état sec; violente effervescence avec l'acide; concrétions de chaux de dimensions moyennes.

## SOLONETZ ORTHIQUE

## Inde

Horizon	Profondeur cm	pH		Cation échangeable me %									CaCO <sub>3</sub> %
		H <sub>2</sub> O 1:2,5	KCl	T	S	V	Ca	Mg	K	Na	Al	H	
Ah	0—5	10,3											2,87
Btn1	5—30	10,4											1,51
Btn2	30—60	10,3											0,96
Btn3	60—75	10,2											traces
Btn4	75—132	10,0											0,16
BC	132—160	9,9											0,24
C	+ 160	9,7											5,25

Horizon	Sels solubles	Matière organique				Analyse granulométrique %						Indice floc.
	CE	% C	% N	C/N	% MO	> 2mm	sable grossier	sable fin	limon	argile	texture	
Ah	30,0	0,23					0,43	54,0	20,7	24,8	limon/ limon argileux	
Btn1	9,5	0,07					2,42	38,0	20,7	38,8	argile	
Btn2	6,0	0,08					1,56	36,8	20,6	41,0	argile	
Btn3	3,2	0,09					0,81	30,6	19,5	49,1	argile	
Btn4	1,1	0,06					1,83	34,6	18,8	44,7	argile	
BC	0,8	0,05					0,93	45,5	17,9	35,6	argile/ limon argileux	
C	1,0	0,06					2,43	56,0	12,8	28,6	limon argileux	

Horizon	Cations et anions solubles dans solution de sol saturé me/l							Saturation en eau %	Densité apparente
	Na	Ca	Mg	CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	Cl		
Ah	262,0	8,0	—	125,0	62,0	102,0	14,0	34,8	—
Btn1	91,0	6,0	1,0	50,0	10,0	25,0	7,0	38,4	1,59
Btn2	52,0	6,0	2,0	25,0	20,0	13,1	2,8	36,0	1,76
Btn3	25,0	6,0	1,5	10,0	20,0	3,2	2,8	37,2	1,86
Btn4	7,0	6,0	0,5	5,0	10,0		3,5	51,2	1,90
BC	3,0	6,5	1,0		10,0		4,9	42,4	1,56
C	2,5	6,0	2,0		10,0		4,2	36,4	1,57

**VERTISOL CHROMIQUE Vc****Sol noir très profond** Inde**FAO, 1965** p. 77-79**Localisation** 7 km au sud d'Isapur, district de Warda, Etat de Maharashtra; approx. 21°N, 78° 30'E**Altitude** 240 m environ**Physiographie** plaine de niveau sur un plateau ondulé**Drainage** assez pauvrement drainé**Matériau originel** basalte**Végétation** légumineuses épineuses et quelques arbres secs à feuilles caduques; surtout du sorgho, du coton et du blé**Climat** 4.3, semi-tropical chaud, subhumide**Description du profil**

<b>Ap</b>	<b>0-5 cm</b>	brun grisâtre foncé (10YR 4/2), croûte et débris végétaux, brun grisâtre très foncé (10YR 3/2) avec des nuances gris foncé (2,5YR 3/0) à l'état humide; argile; granulaire moyen à grenaille; concrétions de carbonate de calcium irrégulières, clairsemées, de la dimension de graines de moutarde, vivement effervescentes avec HCl; meuble à l'état sec, friable à l'état frais, collant à l'état humide; perméabilité moyennement rapide, peu nombreuses racines; transition distincte et régulière.
<b>Ah</b>	<b>5-35 cm</b>	gris très foncé (10YR 3/1) avec des nuances brun foncé (10YR 3/3); argile; en colonnes, grossière; dur à l'état sec, ferme à l'état frais et collant à l'état humide; effervescence avec HCl; nombreuses racines fibreuses; perméabilité moyenne; transition diffuse.
<b>ACh1</b>	<b>35-60 cm</b>	brun grisâtre très foncé (10YR 3/2) avec des nuances gris très foncé (10YR 3/1); argile; fortement polyédrique subangulaire, avec graviers peu nombreux; peu nombreux nodules de chaux donnant une légère effervescence avec HCl; très dur à l'état sec, très ferme à l'état frais et très collant à l'état humide; nombreuses racines fines fibreuses le long des crevasses et des fissures; perméabilité moyennement lente; transition graduelle et régulière.
<b>ACh2</b>	<b>60-142 cm</b>	gris très foncé (10YR 3/1) avec des nuances noires (10YR 2/1); argile; fortement polyédrique angulaire; très peu nombreux nodules de chaux, de la dimension de graines de moutarde, légèrement effervescents avec HCl; très ferme et résistant à l'état frais, très collant et plastique à l'état humide, et très dur et compact à l'état sec; perméabilité lente; transition distincte et brusque.
<b>ACck</b>	<b>142-162 cm</b>	brun grisâtre foncé (10YR 4/2); argile; nombreux à assez nombreux nodules de diverses dimensions, inférieures à celles d'une noix, fortement effervescents avec HCl; très ferme et compact à l'état frais, très collant à l'état humide, et très dur à l'état sec; perméabilité lente; transition graduelle.
<b>Cck</b>	<b>162-183 cm</b>	brun (10YR 4/3) avec nuances jaunâtres; limon argileux graveleux; massif, assez nombreux nodules de chaux de dimensions diverses et de formes irrégulières, vigoureusement effervescents avec HCl; ferme à l'état frais, collant à l'état humide et cassant à l'état sec; perméabilité moyennement lente.

## VERTISOL CHROMIQUE

Inde

Horizon	Profondeur cm	pH		Cation échangeable me %									CaCO <sub>3</sub> %
		H <sub>2</sub> O 1:2,5	KCl	T	S	V	Ca	Mg	K	Na	Al	H	
Ap	0—5	7,70	6,5	63,62	58,80		55,5	7,12					0,70
Ah	5—35	7,65	6,5	66,40	61,37		54,5	9,02					0,80
ACh1	35—60	7,70	6,5	65,58	61,94		53,0	9,97					1,24
ACh2	60—142	7,75	6,5	67,22	60,61		52,0	13,17					2,57
ACck	142—162	7,75	6,65	60,66	55,10		38,0	9,50					19,87
Cck	162—183	7,90	6,75	60,94	57,19		37,0	9,50					16,64

Horizon	Sels solubles	Matière organique				Analyse granulométrique %						Indice floc.	Capaci- té de reten- tion d'eau %	Humi- dité équiva- lente %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> dispo- nible lb/acre	K <sub>2</sub> O dispo- nible lb/acre
		% C	% N	C/N	% MO	> 2mm	sable grossier	sable fin	limon	argile	texture					
Ap					0,62		2,27	22,53	20,40	54,80	argile		87,52	44,11	36,7	400
Ah					0,55		0,49	22,31	22,08	55,12	argile		82,13	40,70	7,0	280
ACh1					0,55		0,11	25,09	19,20	55,60	argile		85,04	42,75	5,2	220
ACh2					0,53		0,10	23,50	24,40	52,00	argile/ argile limoneuse		84,40	44,84	1,7	220
ACck					0,18		3,03	32,17	21,60	43,20	argile		70,82	38,49	3,5	200
Cck					0,18		0,25	32,87	23,76	43,12	argile/ argile limoneuse		71,12	38,06	1,7	180

**VERTISOL PELLIQUE Vp****Sol noir profond** Inde**FAO, 1965** p. 80-82**Localisation** au sud de Sirpur, district de Yeotmal, Etat de Maharashtra; 20° 30'N, 78° 30'E**Altitude** 275 m environ**Physiographie** plaine presque de niveau sur un plateau doucement ondulé**Drainage** assez pauvrement drainé**Matériau originel** basalte**Végétation** quelques arbres secs à feuilles caduques; surtout du sorgho et du coton**Climat** 4.3, semi-tropical chaud, subhumide**Description du profil**

<b>Ap</b>	<b>0-2,5 cm</b>	gris très foncé (10YR 3/1) à l'état sec, avec des nuances brun très foncé (10YR 2/2) à l'état humide; argile; mince croûte et débris végétaux au-dessus de l'horizon Ah; granulaire à grenaille; meuble et pulvérulent à l'état sec, friable à l'état frais et collant à l'état humide; très fins nodules de chaux donnant une légère effervescence avec HCl; perméabilité moyennement rapide; transition distincte et régulière.
<b>Ah</b>	<b>2,5-23 cm</b>	gris très foncé (10YR 3/1) à l'état frais, avec de légères nuances de couleur brun foncé; argile; sommet des prismes arrondis, motteux et grossier; se contracte le long de fissures de 5 à 7 mm de largeur, avec l'axe vertical légèrement plus grand que l'axe horizontal; très dur à l'état sec, très ferme à l'état frais et très collant à l'état humide; nombreux nodules très petits de chaux, inégalement répartis dans tout l'horizon, donnant une légère effervescence avec HCl; perméabilité moyennement lente; grande quantité de racines fibreuses; transition diffuse.
<b>ACh1</b>	<b>23-69 cm</b>	gris très foncé (10YR 3/1) à l'état frais, avec nuances noires (10YR 2/1); argile; fortement polyédrique angulaire, avec de larges fissures, polyédriques angulaires et angulaires; très peu nombreux nodules fins de chaux ici et là en poches, donnant une légère effervescence avec HCl; très ferme et résistant à l'état frais, très collant et plastique à l'état humide et très dur à l'état sec; racines peu nombreuses par endroits; perméabilité lente; transition graduelle.
<b>ACh2</b>	<b>69-91 cm</b>	brun grisâtre foncé (10YR 4/2) à l'état frais, avec nuances de couleur brun jaunâtre; argile; polyédrique angulaire grossier; nombreux nodules de chaux mélangés uniformément avec les unités structurales, donnant une forte effervescence avec HCl; les nodules de chaux augmentent en nombre et en dimension et sont répartis uniformément dans la partie inférieure de l'horizon; très ferme à l'état frais, très collant à l'état humide et très dur à l'état sec; perméabilité lente; transition distincte et brusque.
<b>Cck1</b>	<b>91-132 cm</b>	brun jaunâtre foncé (10YR 4/4) à l'état frais, avec davantage de nuances jaunâtres; limon argileux, mélangé uniformément avec des produits d'altération primaire; massif et grossier; friable à l'état frais; peu collant à l'état humide et cassant à l'état sec; assez nombreux nodules de chaux, produits d'altération <i>in situ</i> , donnant une forte et vigoureuse effervescence avec HCl; perméabilité moyennement rapide.
<b>Cck2</b>	<b>au-delà de 132 cm</b>	la transition de la couleur est plus prononcée; la couleur jaunâtre prédomine; le retrait donne l'apparence de foliation laminaire, et les unités structurales sont de petits cubes, avec un noyau intérieur compact et une surface extérieure partiellement décomposée avec des dépôts secondaires bruns (10YR 5/3). Les fissures sont fines à très fines, aussi bien le long des axes verticaux que des axes horizontaux. Toute la face des unités structurales est uniformément bourrée de concrétions de chaux et de dépôts secondaires de chaux.

## VERTISOL PELLIQUE

## Inde

Horizon	Profondeur cm	pH		Cation échangeable me %									CaCO <sub>3</sub> %
		H <sub>2</sub> O 1:2,5	KCl	T	S	V	Ca	Mg	K	Na	Al	H	
Ap	0—2,5	7,9	6,7	70,11	67,84		57,0	5,70					1,33
Ah	2,5—23	7,85	6,60	71,82	67,84		59,0	3,32					1,55
ACh1	23—69	7,80	6,60	69,62	65,64		56,0	7,60					2,21
ACh2	69—91	7,80	6,65	68,41	61,32		51,5	6,65					6,81
Cck1	91—132	7,9	6,85	60,29	45,79		36,0	8,07					8,32

Horizon	Sels solubles	Matière organique				Analyse granulométrique %						Indice floc.	Capaci- té de rétention d'eau %	Humi- dité équiva- lente %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> dispo- nible lb/acre	K <sub>2</sub> O dispo- nible lb/acre
	CE	% C	% N	C/N	% MO	>2mm	sable grossier	sable fin	limon	argile	texture					
Ap	< 0,2				0,76		1,55	21,25	24,56	52,64			89,71	42,92	15,8	360
Ah	< 0,2				0,58		0,60	29,00	18,40	52,00			82,62	41,40	12,3	240
ACh1	< 0,2				0,58		0,32	35,68	14,00	50,00			84,18	43,54	3,5	200
ACh2	< 0,2				0,58		1,72	28,68	20,00	49,60			80,85	42,10	5,2	200
Cck1	< 0,2				0,15		29,00	35,00	19,68	16,32			50,20	23,63	1,7	180

**XÉROSOL HAPLIQUE Xh****Xérosol haplique  
ou Yermosol haplique****Pakistan****Syal, 1969** Bhalwal series, p. 106 et 164**Localisation** environ à 8 km à l'ouest de Sargodha; 32° 5'N, 72° 30'E**Altitude** 200 m environ**Physiographie** presque de niveau, ancienne terrasse fluviale**Matériau originel** alluvions mélangées, limon fin, calcarifères**Végétation** à l'origine, savane buissonnante, actuellement cultures diverses irriguées**Climat** 4.2, subtropical à mousson, semi-aride**Description du profil**

<b>Ap</b>	<b>0-15 cm</b>	brun à brun foncé (10YR 4/3) à l'état frais et brun pâle (10YR 6/3) à l'état sec; limon argileux fin approchant du limon fin; massif; peu collant, peu plastique, friable à l'état frais, dur à l'état sec; nombreux pores, vésiculaires et interstitiels; moyennement calcarifère; assez nombreuses à nombreuses racines fibreuses; transition distincte régulière; pH 8,2.
<b>Bw1</b>	<b>15-35 cm</b>	brun à brun foncé (10YR 4/3) à l'état frais et brun (10YR 5/3) à l'état sec; limon argileux fin; très faiblement polyédrique subangulaire grossier; peu collant, peu plastique, ferme à l'état frais, dur à l'état sec; cutans minces en taches; peu nombreux pores tubulaires; moyennement calcarifère; peu nombreuses racines fibreuses, assez nombreuses racines fines; transition distincte régulière; pH 8,2.
<b>Bw2</b>	<b>35-97 cm</b>	brun à brun foncé (10YR 4/3) à l'état frais et brun (10YR 5/3) à l'état sec; limon argileux fin; faiblement polyédrique subangulaire grossier; peu collant, peu plastique, ferme à l'état frais, dur à l'état sec; cutans moyennement épais, continus; nombreux pores fins tubulaires; fortement calcarifère; nombreuses krotovines; assez nombreuses racines fines; transition distincte régulière; pH 8,3.
<b>BCck</b>	<b>97-137 cm</b>	brun à brun foncé (10YR 4/3) à l'état frais et brun (10YR 5/3) à l'état sec; limon fin; très faiblement polyédrique subangulaire grossier; collant, plastique, ferme à l'état frais, dur à l'état sec; cutans minces en taches; peu nombreux pores fins interstitiels; assez nombreux kankars, fins et moyens, fortement calcarifères; peu nombreuses racines fines et fibreuses; transition diffuse; pH 8,3.
<b>Cck</b>	<b>137-152 cm</b>	brun à brun foncé (10YR 4/3) à l'état frais et brun (10YR 5/3) à l'état sec; limon fin compact; massif; peu collant, peu plastique, friable à l'état frais, dur à l'état sec; pas de pores; nombreuses taches moyennes de chaux, fortement calcarifères; pas de racines; pH 8,2.



## XÉROSOL HAPLIQUE

Pakistan

Horizon	Profondeur cm	pH		Cation échangeable me %									CaCO <sub>3</sub> %
		H <sub>2</sub> O	KCl	T	S	V	Ca	Mg	K	Na	Al	H	
Ap	0—15	7,9											2,0
Bw1	15—35	7,9											2,0
Bw2	35—97	8,0											2,0
BCck	97—137	8,0											9,0
Cck	137—152	7,9											15,0

Horizon	Sels solubles	Matière organique				Analyse granulométrique %					Indice floc.
	CE	% C	% N	C/N	% MO	> 2mm	sable E.-U.	limon E.-U.	argile	texture	
Ap	0,65	0,93	0,08	9			19	48	30		
Bw1	0,50	0,47	0,07	7			19	42	45		
Bw2	0,50	0,40	0,07	6			15	50	35		
BCck	0,92	0,31	0,036	8			11	52	37		
Cck	0,99	0,24	0,036	7							

**YERMOSOL HAPLIQUE Yh****Camborthid typique** Pakistan**Akram, 1968** p. 161 et 170**Localisation** à environ 12 km au nord-est de Jhang Saddar, 31° 20'N, 72° 25'E**Altitude** 200 m environ**Physiographie** plaine d'inondation presque plate**Drainage** normal**Matériau originel** alluvions mélangées, calcarifères**Végétation** sous cultures diverses irriguées**Climat** 3.2, subtropical chaud désertique**Description du profil**

<b>Ap</b>	<b>0-15 cm</b>	brun grisâtre foncé (10YR 4/2) à l'état frais et gris brunâtre clair (10YR 6/2) à l'état sec; limon; massif; peu collant, peu plastique, friable à l'état frais, dur à l'état sec; peu nombreux pores moyens, peu nombreux pores fins, assez nombreux pores très fins, interstitiels; moyennement calcarifère; peu nombreuses racines, moyennes et fines; transition distincte régulière; pH 8,4.
<b>Bw1</b>	<b>15-46 cm</b>	brun à brun foncé (10YR 4/3) à l'état frais et brun pâle (10YR 6/3) à l'état sec; limon fin; faiblement polyédrique subangulaire grossier et moyen; peu collant, peu plastique, friable à l'état frais, peu dur à l'état sec; peu nombreux pores moyens, assez nombreux pores fins et nombreux pores très fins, tubulaires; cutans minces presque continus dans les pores; moyennement calcarifère; assez nombreuses déjections de vers; peu nombreuses racines moyennes et assez nombreuses racines fines; transition distincte régulière; pH 8,2.
<b>Bw2</b>	<b>46-69 cm</b>	brun à brun foncé (10YR 4/3) à l'état frais et brun pâle (10YR 6/3) à l'état sec; peu nombreuses taches brun jaunâtre (10YR 5/6) fines et peu distinctes; limon fin; faiblement polyédrique subangulaire grossier; peu collant, peu plastique, friable à l'état frais, peu dur à l'état sec; peu nombreux pores fins et nombreux pores très fins, tubulaires; moyennement calcarifère; peu nombreuses déjections de vers; peu nombreuses racines fines et nombreuses racines très fines; transition distincte régulière; pH 8,2.
<b>BC</b>	<b>69-80 cm</b>	brun à brun foncé (10YR 4/3) à l'état frais et brun pâle (10YR 6/3) à l'état sec; peu nombreuses taches brun jaunâtre (10YR 5/6) fines et peu distinctes; limon fin; très faiblement polyédrique subangulaire grossier, avec peu nombreuses formations lamellaires de limon sableux très fin; peu collant, peu plastique, friable à l'état frais et peu dur à l'état sec; peu nombreux pores fins et nombreux pores très fins, tubulaires; moyennement calcarifère; peu nombreuses poches de sable grossier; peu nombreuses déjections de vers; peu nombreuses racines fines, nombreuses racines très fines; transition distincte ondulée; pH 8,2.
<b>C</b>	<b>80-94 cm</b>	brun à brun foncé (7,5YR 4/2) à l'état frais; peu nombreuses taches brun jaunâtre (10YR 5/6) fines distinctes et peu nombreuses taches brun jaunâtre foncé (10YR 4/4) fines et peu distinctes; limon fin (proche du limon argileux fin); massif; collant, plastique, ferme à l'état frais, dur à l'état sec; peu nombreux pores fins et nombreux pores très fins, tubulaires; peu nombreux kankers très fins; peu nombreuses formations lamellaires, moyennement calcarifères; peu nombreuses déjections de vers; peu nombreuses racines fines; transition distincte ondulée, pH 8,2.
<b>2C</b>	<b>94-137 cm</b>	brun (10YR 5/3) à l'état frais; peu nombreuses taches brun jaunâtre (10YR 5/6) moyennes distinctes et peu nombreuses taches brun olive (2,5Y 4/4) fines et peu distinctes; limon sableux très fin; massif et faiblement et finement feuilleté; peu collant, peu plastique et friable à l'état frais, peu dur à l'état sec; assez nombreux pores fins et très fins, tubulaires; peu nombreuses taches de sable; peu nombreux kankers très fins; moyennement calcarifère; peu nombreuses racines fines; transition abrupte régulière; pH 8,2.

## YERMOSOL HAPLIQUE

Pakistan

Horizon	Profondeur cm	pH		Cation échangeable me %									CaCO <sub>3</sub> %
		H <sub>2</sub> O pâte	KCl	T	S	V	Ca	Mg	K	Na	Al	H	
Ap	0—15	8,1											
Bw1	15—46	8,4											
Bw2	46—69	8,2											
BC	69—80	7,9											
C	80—94	7,9											
2C	94—137	7,9											

Horizon	Sels solubles	Matière organique				Analyse granulométrique %				Indice floc.
	CE	% C	% N	C/N	% MO	sable	limon E.-U.	argile	texture	
Ap	1,1					47	35	18	limon	
Bw1	0,66					7	67	26	limon fin	
Bw2	1,3					2	71	27	limon fin/ limon argileux fin	
BC	1,8					4	69	27	limon fin/ limon argileux fin	
C	2,2					3	66	31	limon argileux fin	
2C	2,4					9	62	29	limon argileux fin	

**3C 137-140 cm** brun à brun foncé (7,5YR 4/2) à l'état frais; peu nombreuses taches brun jaunâtre (10YR 4/4) moyennes et peu distinctes, et peu nombreuses taches brun jaunâtre (10YR 5/8) fines distinctes; argile limoneuse; massif; collant, plastique, ferme à l'état frais, très dur à l'état sec; peu nombreux pores fins et assez nombreux pores très fins, tubulaires; peu nombreuses taches de sable; peu nombreux kankers fins; moyennement calcarifère; pH 8,4.

**YERMOSOL CALCIQUE Yk****Calciorthid typique** Iran**Van de Weg, 1967** p. 28-29 et tableaux de données analytiques**Localisation** 1 km au nord de Darband Sofla; approx. 34°N, 46°E**Altitude** 600 m environ**Physiographie** presque plat à plaine de piedmont en pente très douce**Drainage** normal**Matériau originel** alluvions mélangées, calcarifères**Végétation** à l'origine, steppe mésopotamienne; actuellement blé en culture sèche**Climat** 6.8, méditerranéen subtropical semi-aride**Description du profil**

<b>Ap</b>	<b>0-15 cm</b>	brun jaunâtre (10YR 5/4 à l'état sec, 4/2 à l'état frais); limon argileux; mottes, se désagréant en structure granulaire; dur; quelques pores et racines; transition graduelle régulière.
<b>Bwk1</b>	<b>15-35 cm</b>	brun (7,5YR 5/4); limon argileux; faiblement polyédrique angulaire, fin; dur; peu nombreux mycelia et taches ponctuelles de chaux; peu nombreuses racines; transition graduelle régulière.
<b>Bwk2</b>	<b>35-70 cm</b>	brun (7,5YR 4/4); argile limoneuse; moyennement polyédrique angulaire grossier; nombreux mycelia et taches ponctuelles de chaux; quelques racines; horizon compact; transition graduelle régulière.
<b>BCk</b>	<b>70-140 cm</b>	brun (7,5YR 4/4); argile limoneuse; fortement polyédrique angulaire grossier; nombreux mycelia et taches ponctuelles de chaux; horizon compact; quelques minces pellicules d'argile.

NOTE. Les couleurs sont indiquées pour des sols à l'état frais. Tous les horizons sont calcarifères.

## YERMOSOL CALCIQUE

Iran

Horizon	Profondeur cm	pH		Cation échangeable me %									CaCO <sub>3</sub> %
		H <sub>2</sub> O pâte	KCl	T	S	V	Ca	Mg	K	Na	Al	H	
Ap	0—15	7,5		50,0						0,45			16,65
Bwk1	15—35	7,6		46,0						0,53			37,70
Bwk2	35—70	7,6		48,0						0,51			23,23
BCK	70—140	7,7		46,0						0,61			29,78

Horizon	Seis solubles	Matière organique				Analyse granulométrique %					Indice floc.	CaSO <sub>4</sub>
	CE	% C	% N	C/N	% MO	> 2 mm	sable	limon E.-U.	argile	texture		
Ap	48	1,21					31,0	38,6	30,4	limon argileux		10,59
Bwk1	48	0,32					39,6	36,0	24,4	limon		11,73
Bwk2	49	0,51					31,0	36,4	32,6	limon argileux		11,76
BCK	50	0,30					37,0	38,4	24,1	limon		11,75

Horizon	Cations et anions solubles									
	Ca	Mg	Na	K	Somme des cations	CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	Somme des anions
Ap	6,6	1,9	1,05	—	9,05	0	3,0	2,0	4,6	9,6
Bwk1	5,0	0,5	1,1	—	6,6	0	2,0	2,0	3,0	7,0
Bwk2	4,5	0,5	1,1	—	6,1	0	2,0	2,5	1,5	6,0
BCK	2,0	3,0	1,4	—	6,4	0	1,0	4,0	1,6	6,6

**YERMOSOL CALCIQUE Yk****Sol désertique salin  
et gypsifère** Koweït**Ergun, 1969** profil 35, p. 57**Localisation** nord-ouest de Sadda, approx. 28°N, 48°E**Altitude** 90 m environ**Physiographie** vallonné à ondulé**Drainage** imparfaitement à pauvrement drainé**Matériau originel** limon argilo-sableux, gypsifère et calcarifère**Végétation** arbustive méditerranéenne semi-désertique**Climat** 3.2, désertique subtropical chaud**Description du profil**

<b>Ah</b>	<b>0-11 cm</b>	brun pâle (10YR 6/3) à brun (10YR 5/3) à l'état frais; limon sableux-limon argilo-sableux; massif; friable; fortement calcarifère.
<b>Bwck</b>	<b>11-34 cm</b>	brun jaunâtre clair-jaune brunâtre (10YR 6/5) à brun jaunâtre (10YR 5/5) à l'état frais; faiblement granulaire fin; limon argilo-sableux; concentrations de CaCO <sub>3</sub> ; fortement calcarifère.
<b>BCck</b>	<b>34-70 cm</b>	gris brunâtre clair-brun jaunâtre clair (2,5Y 6/3) à brun olive clair (2,5Y 5/4) à l'état frais; limon argilo-sableux; davantage d'accumulation de CaCO <sub>3</sub> que dans l'horizon ci-dessus.
<b>Ccky</b>	<b>70-100 cm</b>	gris clair (2,5Y 7/2) à l'état frais; limon argilo-sableux; particules de gypse et de CaCO <sub>3</sub> ; moyennement calcarifère.

## YERMOSOL CALCIQUE

Koweït

Horizon	Profondeur cm	pH		Cation échangeable me %									CaCO <sub>3</sub> %
		H <sub>2</sub> O	KCl	T	S	V	Ca	Mg	K	Na	Al	H	
Ah	0—11												
Bwck	11—34												
BCck	34—70												
Ccky	70—100												

Horizon	Sels solubles	Matière organique				Analyse granulométrique %				Indice floc.
		% C	% N	C/N	% MO	sable	limon	argile	texture	
Ah						68,0	12	20	limon sableux/limon argilo-sableux	
Bwck						69,0	12	19	limon sableux	
BCck						56,0	20	24	limon argilo-sableux	
Ccky						57,0	9	34	limon argilo-sableux	

**YERMOSOL GYPSIQUE Yy****Gypsiorthid typique** Irak**F.H. Altaie, 1968** p. 119 et 120**Localisation** environ 50 km au nord de Bagdad**Altitude** 250 m environ**Physiographie** presque de niveau, terrasse supérieure du Tigre**Matériau originel** alluvions anciennes graveleuses, gypsifères**Végétation** pâturages extensifs; *Artemisia scoparia*, *Plantago ovata*, *Stipa capensis*, *Achillea santolina* L. et autres**Climat** température moyenne annuelle 23°C, précipitations moyennes annuelles 150 mm**Description du profil**

<b>Ah</b>	<b>0-6</b>	<b>cm</b>	brun foncé (7,5YR 4/4) à l'état frais; limon; faiblement feuilleté, classe de structure moyenne; très friable à l'état frais; calcarifère; peu nombreux graviers; faible teneur en matières organiques, très nombreuses racines fines; transition distincte régulière.
<b>Cy1</b>	<b>6-20</b>	<b>cm</b>	brun (7,5YR 5/3) à l'état frais; matériaux gypsifères mélangés; granulaire; friable à l'état frais; calcarifère; faible teneur en matières organiques; pas de racines; transition graduelle régulière.
<b>Cy2</b>	<b>20-50</b>	<b>cm</b>	brun foncé (7,5YR 4/3) à l'état frais; matériaux gypsifères mélangés; friable à l'état frais; granulaire; calcarifère; pas de racines; transition diffuse régulière.
<b>Cy3</b>	<b>50-80</b>	<b>cm</b>	brun (7,5YR 5/3) à l'état frais; matériaux gypsifères mélangés; friable à l'état frais; granulaire; peu calcaire; peu de graviers; transition diffuse régulière.
<b>Cy4</b>	<b>80-110</b>	<b>cm</b>	brun (7,5YR 5/3); matériaux gypsifères mélangés ayant l'aspect d'aiguilles; très faible teneur en chaux; environ 10% de graviers; transition diffuse régulière.
<b>Cy5</b>	<b>110-170</b>	<b>cm</b>	brun (7,5YR 5/3) à l'état frais; matériaux gypsifères mélangés ayant l'aspect d'aiguilles; très faible teneur en chaux; environ 20% de graviers; transition diffuse régulière.
<b>Cy6</b>	<b>170-500</b>	<b>cm</b>	brun, sols gypsifères mélangés; environ 70% de graviers; minces bandes de sable.



## VERMOSOL GYPSIQUE

Irak

Horizon	Profondeur cm	pH		Cation échangeable me %									CaCO <sub>3</sub> %
		H <sub>2</sub> O	KCl	T		V	Ca	Mg	K	Na	Al	Gypse	
				sol	argile								
Ah	0—6	7,6		13,0	62				0,6	0,1		1,1	23,2
Cy1	6—20	7,7		6,8	36				0,2	0,1		60,0	5,3
Cy2	20—50	7,7		6,2	41				0,2	0,3		48,2	2,0
Cy3	50—80	7,7		5,8	29				0,1	0,3		56,7	1,2
Cy4	80—110	7,6		7,4	30				0,1	0,4		55,1	1,5
Cy5	110—170	7,8		8,2	36				0,2	0,8		48,8	5,2

Horizon	Sels solubles	Matière organique				> 2 mm	sable	limon	argile	CE	P ppm
		% C	% N	C/N	% MO					mmhos/cm ext. sat.	
Ah					0,94		30	49	21	2,9	4,4
Cy1					0,43		32	49	19	3,3	3,9
Cy2					0,25		39	46	15	4,0	3,9
Cy3					0,11		48	32	20	3,5	3,9
Cy4							44	31	25	3,5	3,9
Cy5							46	31	23	3,8	traces

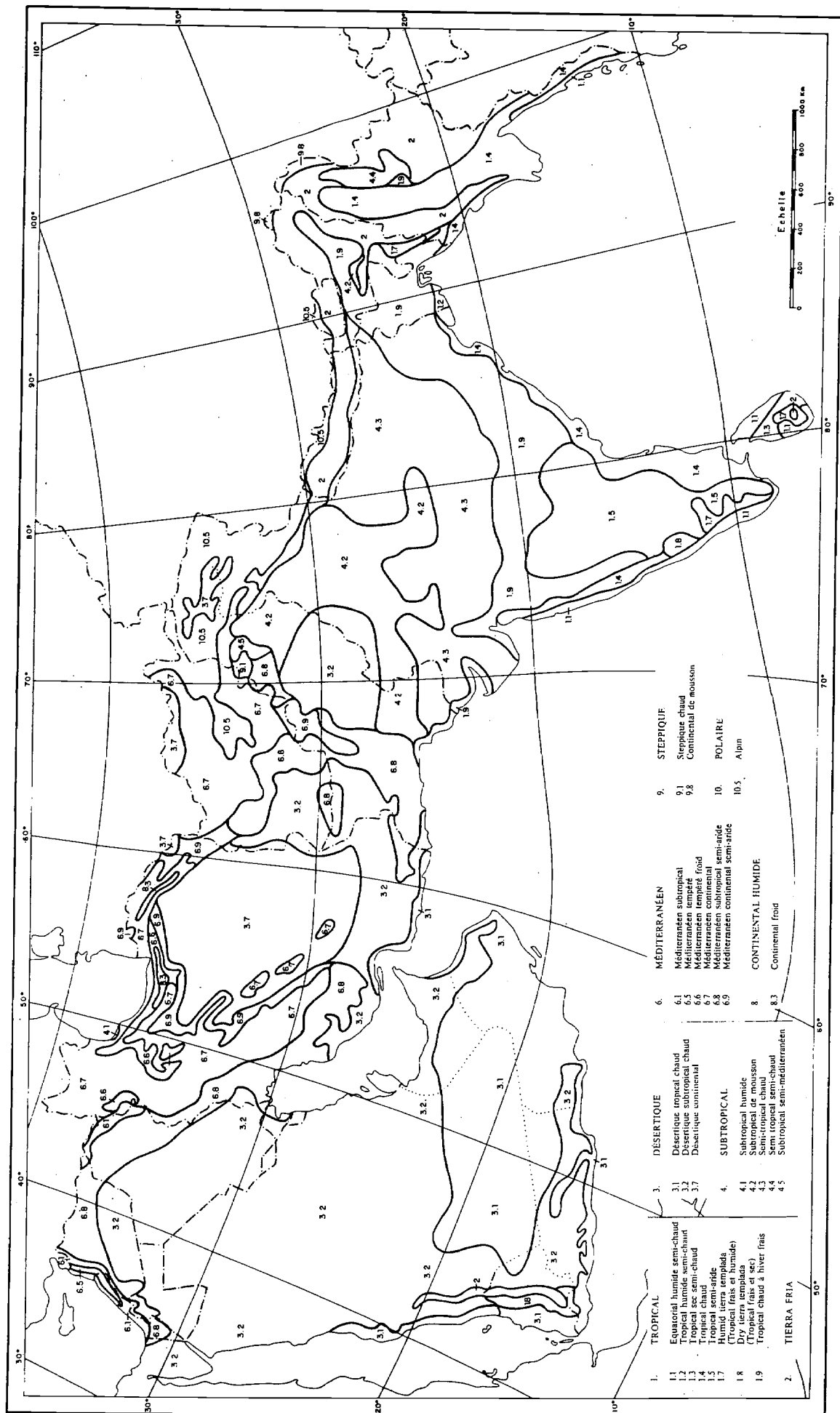
Horizon	Anions et cations solubles meq/l.						Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %
	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>++</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	
Ah	32,0	1,2	1,5	1,8	29,2	1,3	
Cy1	34,0	1,2	1,5	1,8	31,8	1,0	0,05
Cy2	32,8	1,6	4,4	6,4	31,8	0,8	0,04
Cy3	33,6	2,0	4,1	6,4	33,0	0,8	0,05
Cy4	32,0	2,0	4,9	6,4	32,2	0,6	
Cy5	31,6	1,6	7,1	6,0	32,0	1,5	0,05



## **1. CLIMATS**



# 1. RÉGIONS CLIMATIQUES

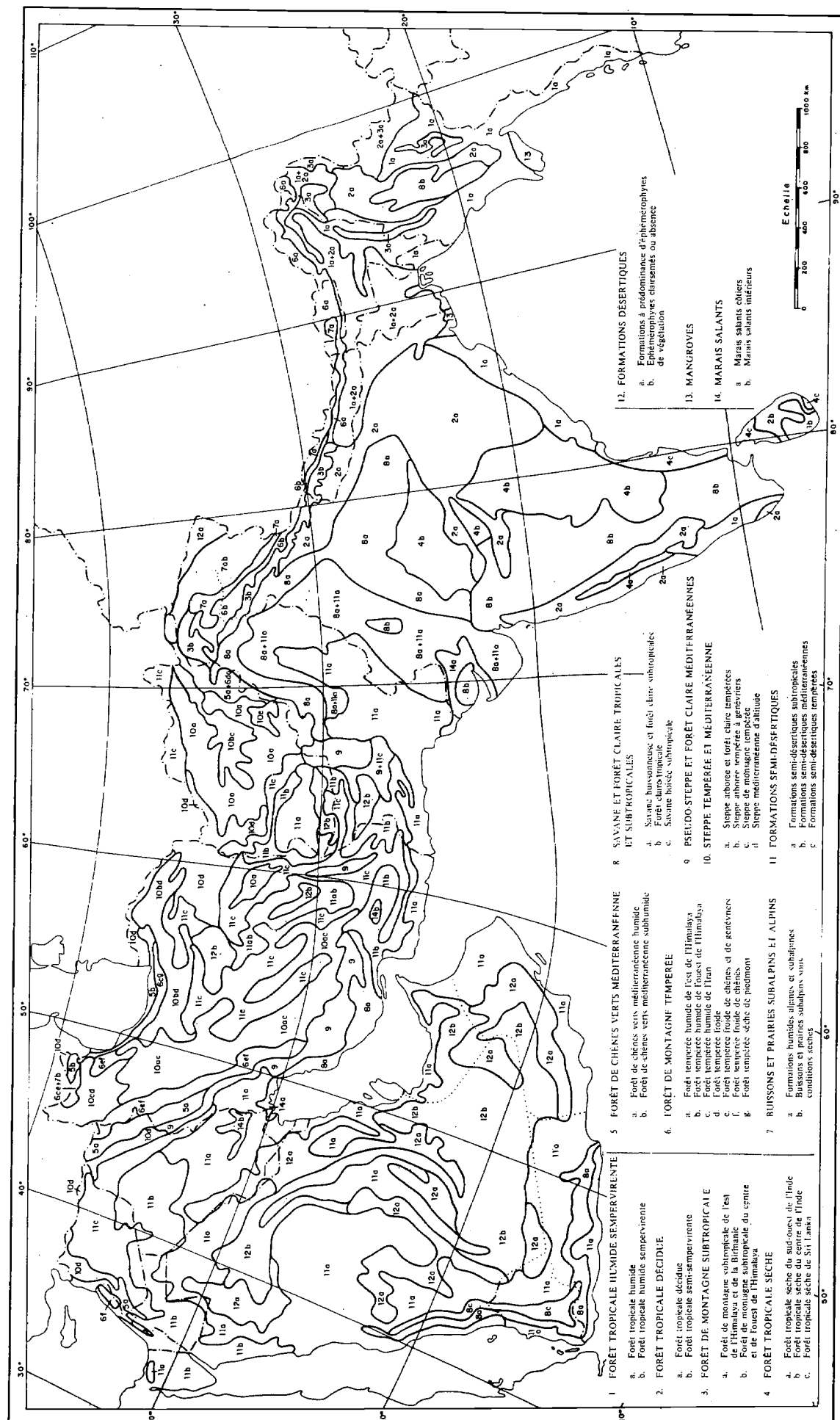




## **2. VÉGÉTATION**



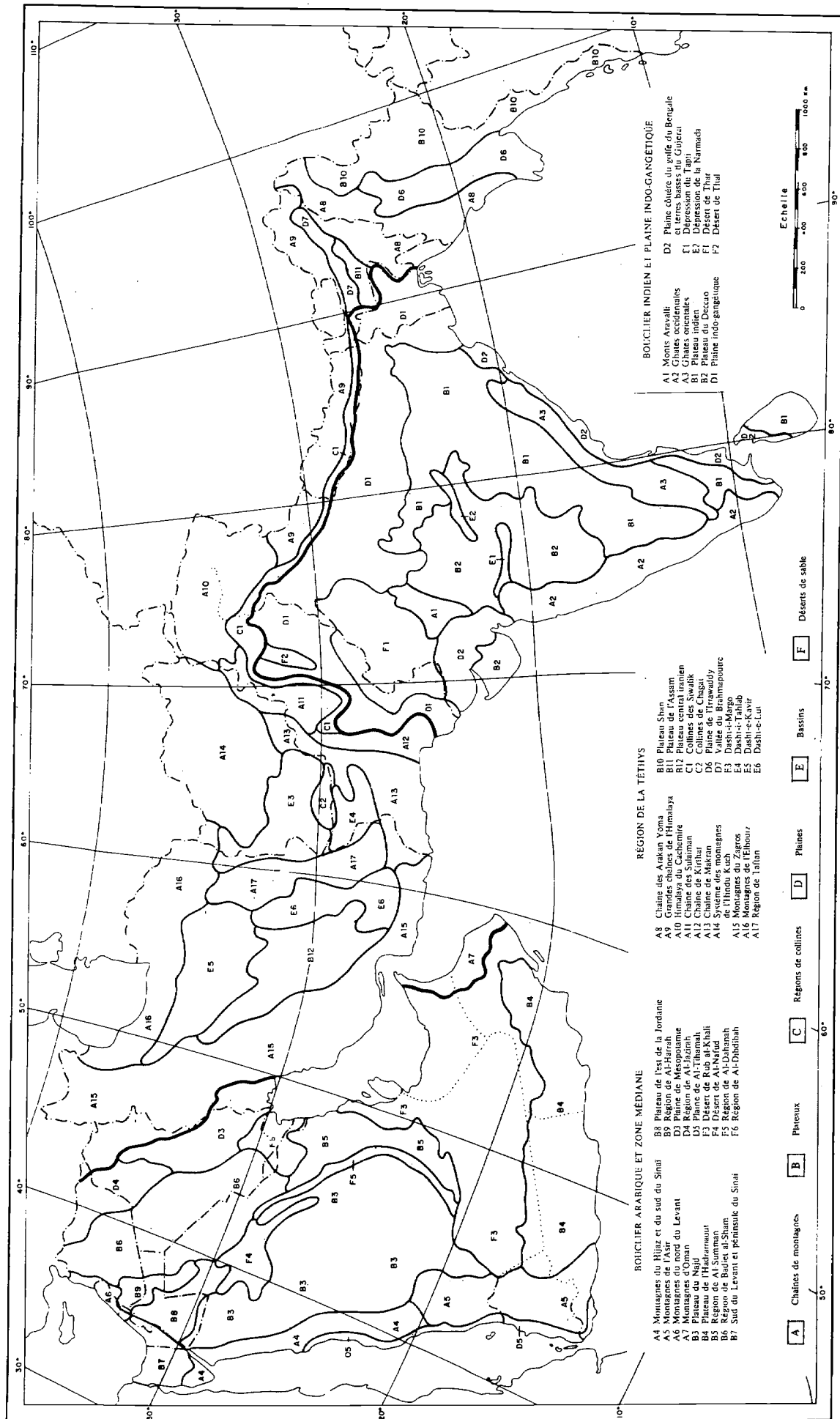






### **3. GÉOMORPHOLOGIE**



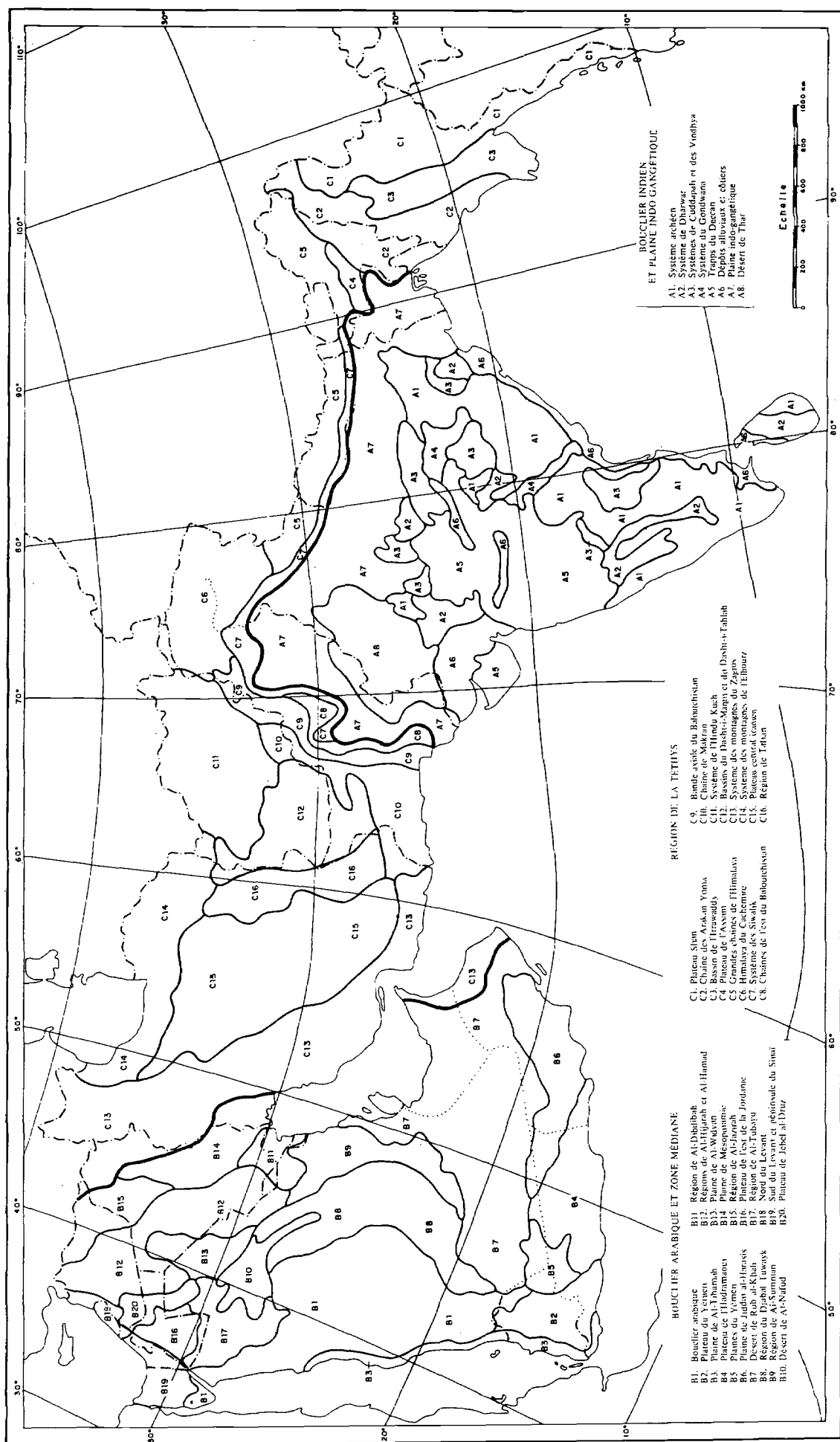




## **4. GÉOLOGIE**



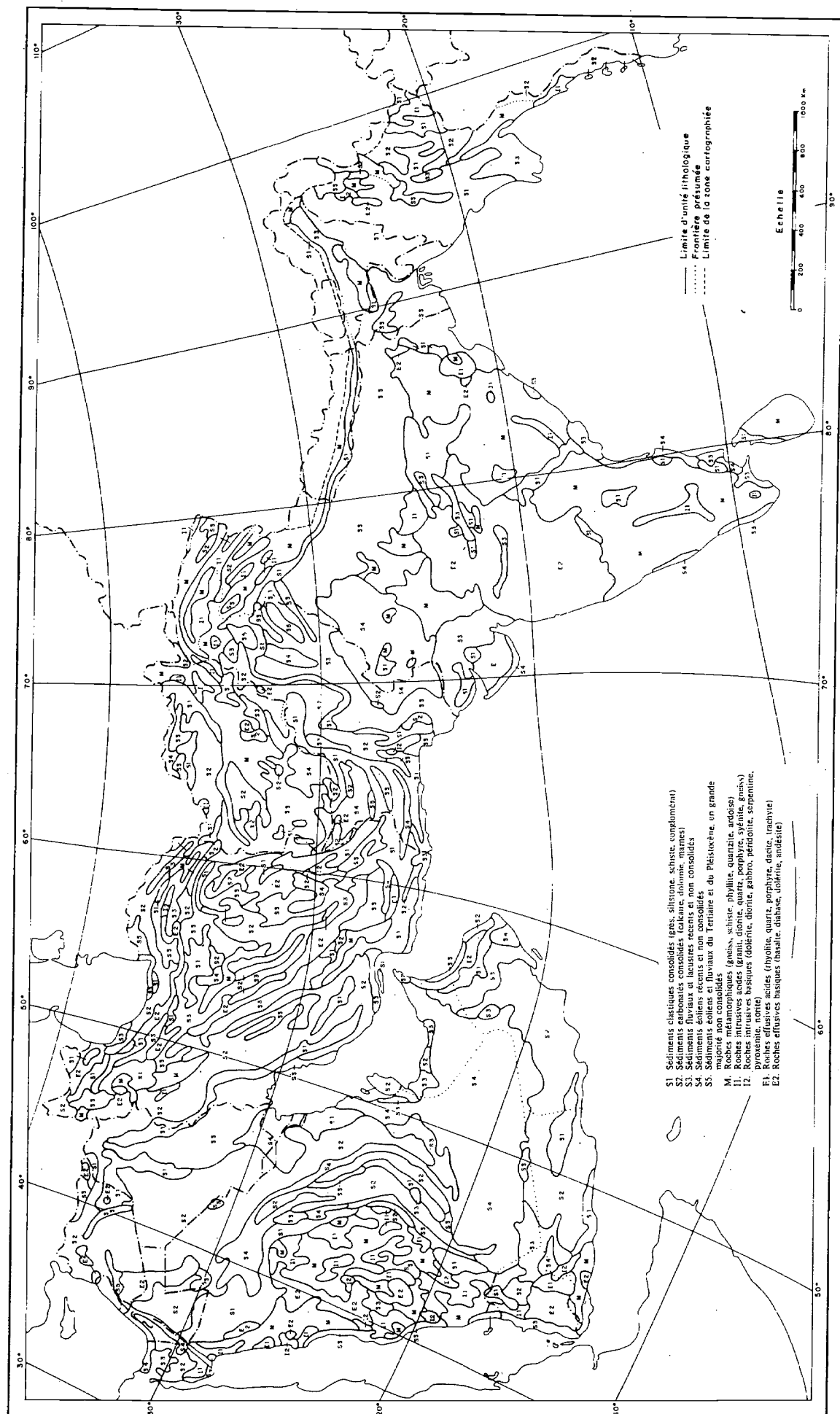






## **5. LITHOLOGIE**



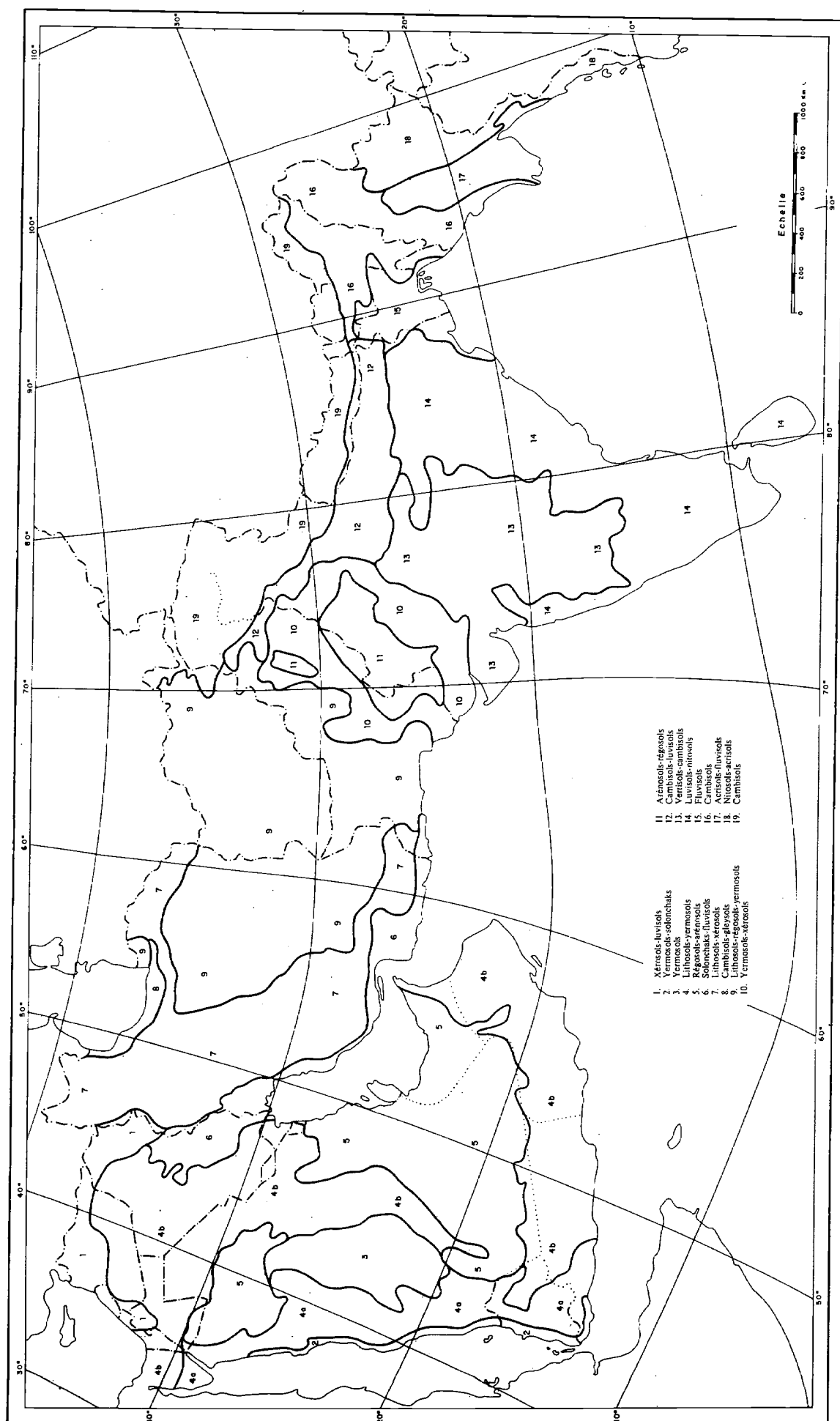




## 6. SOLS











ISBN 92-3-201344-4