

**RÉPUBLIQUE DU NIGER**

**MINISTÈRE DE L'ÉCONOMIE RURALE**

**Service du Génie Rural**

**AMÉNAGEMENT RÉGIONAL**  
**de**  
**L'ADER DOUTCHI - MAGGIA**

*Troisième partie*

**BASSINS VERSANTS EXPÉRIMENTAUX**

**ÉTUDES PÉDOLOGIQUES DE « DÉTAIL »**

***Rapport***

**S O G E T H A**

**SOCIÉTÉ GÉNÉRALE DES TECHNIQUES  
HYDRO - AGRICOLES**

**GRENOBLE - FRANCE**

ETUDES PEDOLOGIQUES  
DE DETAIL

SOMMAIRE

PREAMBULE ..... 1

CHAPITRE I - GENERALITES ..... 2

SITUATION GEOGRAPHIQUE ..... 2

DONNEES CLIMATIQUES ..... 2

    . Bassins versants de KOUNKOUZOUT, AGOULOUM, SOKOLE ..... 3

    . Bassins versants de KAORA, KORE ..... 3

    . Conclusion ..... 3

VEGETATION ..... 3

CHAPITRE II - GEOLOGIE - GEOMORPHOLOGIE ..... 5

GEOLOGIE - LES FORMATIONS ANTEQUATERNAIRES ..... 5

    . Bassin versant de SOKOLE - AGOULOUM ..... 5

    . Bassin versant de KOUNKOUZOUT ..... 6

    . Bassin versant de KAORA ..... 6

    . Bassin versant de KORE ..... 7

GEOMORPHOLOGIE - GEOLOGIE DU QUATERNAIRE ..... 7

    . Bassin de SOKOLE ..... 7

        - Le plateau du Continental Terminal ou interfluve  
          du plateau ..... 7

        - Le versant ou interfluve de versant ..... 8

. Bassin de KAORA .....	12
. Bassin de KORE .....	12
. Bassin de KOUNKOUZOUT .....	13
CONCLUSION .....	13
. Erosion sur les dunes .....	14
. Erosion dans les schisto-calcaires .....	14
<u>CHAPITRE III - ETUDE DES SOLS</u> .....	15
PRINCIPES DE CLASSIFICATION .....	15
CARACTERISTIQUES DU MATERIAU ORIGINEL .....	16
. Etude de l'origine des matériaux sur lesquels se sont développés les sols .....	16
. Différents matériaux originels et leur étude texturale .....	17
TYPES DE DEVELOPPEMENT DE PROFIL .....	21
. Classe des sols minéraux bruts .....	21
- Groupe des sols bruts d'érosion ou squelettiques .....	22
- Groupe des sols bruts d'apport .....	23
. Classe des sols peu évolués .....	23
- Généralités .....	23
- Différentes familles .....	24
. Classe des vertisols et paravertisols .....	27
- Généralités .....	27
- Sous-classe des vertisols lithomorphes .....	27
- Sous-classe des vertisols topomorphes .....	31
. Classe des sols calcomagnésimorphes .....	32
- Rendzines initiales .....	33
- Sols bruns calcaires bien drainés .....	34
- Sols bruns calcaires hydromorphes .....	36
. Classe des sols steppiques .....	37
- Sols bruns subarides modaux .....	37
- Au niveau Faciès .....	40
- Sols brun-rouge subarides .....	42
- Sols bruns à caractère vertisolique (tirsifiés) .....	45
. Associations de sols .....	48

<u>CHAPITRE IV - CARACTERISTIQUES CHIMIQUES</u>	49
LA MATIERE ORGANIQUE, L'AZOTE, RAPPORT C/N	49
LE pH	51
LE COMPLEXE ABSORBANT	51
. La capacité d'échange (valeur T)	51
. Somme des bases échangeables (valeur S), Taux de saturation (valeur V)	53
. Rapports cationiques	53
ACIDE PHOSPHORIQUE	56
. Acide phosphorique total	56
. Acide phosphorique et potassium assimilables	56
TENEURS EN CALCAIRE TOTAL ET ACTIF	58
FER LIBRE - FER TOTAL	58
CONCLUSION	59
<u>CHAPITRE V - CARACTERISTIQUES PHYSIQUES ET HYDRODYNAMIQUES</u>	61
ETUDE DE LA STABILITE STRUCTURALE	61
ETUDE DES PERMEABILITES EN PLACE	62
CAPACITE DE RETENTION	66
CONCLUSIONS : APPLICATION A LA LUTTE ANTI-EROSIVE	66
<u>CHAPITRE VI - UTILISATION DES TERRES</u>	69
PRINCIPES	69
CLASSES D'UTILISATION DES TERRES	69

<u>CONCLUSION</u> .....	79
BASSIN DE KAORA .....	79
BASSIN DE SOKOLE - AGOULOUM .....	80
BASSIN DE KOUNKOUZOUT .....	82
BASSIN DE KORE .....	83
PRINCIPE D'UNE MISE EN VALEUR RATIONNELLE .....	83

oOo

LISTE DES FIGURES

- Figure 0 Emplacement des bassins versants.
- Figure 1 Coupe transversale dans le bassin de SOKOLE.
- Figure 2 Coupe transversale dans le bassin de SOKOLE.
- Figure 3 Composition granulométrique des colluvions d'origine mixte (Eocène - Crétacé), des matériaux issus des grès fins du Crétacé, des matériaux issus des calcaires éocènes, des matériaux anciens de comblement de vallée, des matériaux issus des grès ferrugineux de la série sidérolithique de l'Ader Doutchi.
- Figure 4 Composition granulométrique des matériaux issus des schistes éocènes, des matériaux issus de l'argilite du Crétacé, des matériaux sableux éoliens dunaires, des matériaux d'épandage récent.
- Figure 5 Relation taux de saturation - pH -
- Figure 6 Relation capacité d'échange - nature lithologique du matériau originel, sols brun-rouge et vertisols lithomorphes.
- Figure 7 Relation capacité d'échange - nature lithologique du matériau originel, sols brun-rouge, vertisols lithomorphes, sols brun, sols peu évolués.
- Figure 8 Relation azote - phosphore : sols peu évolués, brun-rouge .
- Figure 9 Relation azote - phosphore : sols bruns, sols brunstirsifiés.
- Figure 10 Relation azote - phosphore : vertisols.
- Figure 11 Relation azote - phosphore : sols calcomagnésimorphes.
- Figure 12 Relation IS - K.
- Figure 13 Courbes de perméabilité : sols peu évolués d'apport.
- Figure 14 Courbes de perméabilité : sols brun-rouge.
- Figure 15 Courbes de perméabilité : sols brun-rouge.
- Figure 16 Courbes de perméabilité : sols bruns.
- Figure 17 Courbes de perméabilité : sols bruns calcaires.
- Figure 18 Courbes de perméabilité : sols bruns calcaires.
- Figure 19 Courbes de perméabilité : vertisols lithomorphes.
- Figure 20 Courbes de perméabilité : vertisols lithomorphes.
- Figure 21 Courbes de perméabilité : vertisols lithomorphes.
- Figure 22 Courbes de perméabilité : vertisols lithomorphes.

BIBLIOGRAPHIE

- G. AUBERT Classification des sols - colloque CCTA - Lovanium 28 Mai - 7 Juin 1963.
- S. BOYER et A. COMBEAU Etude de la Stabilité structurale de quelques sols ferrallitiques de la République Centrafricaine. (Sols Africains Vol. V n° 1 pp 5-42).
- A. COMBEAU G. MONNIER Méthode d'Etude de la Stabilité Structurale - Application aux sols tropicaux (Sols Africains Vol. VI n° 1 pp 5-32).
- DELOYE et REBOUR Conservation des sols. (La Maison Rustique - PARIS).
- J. DRESCH et G. ROUGERIE Observations morphologiques dans le Sahel du Niger (Revue de géomorphologie dynamique - Avril-Juin 1960 n° 4 - 5 - 6).
- G. GREIGERT Notice explicative des feuilles - TAHOUA Est, DOSSO Est.
- Ch. LEMAITRE Flore arbustive - Lexique Botanique HAOUSSA.
- R. MAIGNIEN Le cuirassement des sols en GUINEE. (Extrait des mémoires du Service de la Carte Géologique d'Alsace-Lorraine 1958 n° 16).
- J. MAYMARD et A. COMBEAU Effet résiduel de la submersion sur la structure du sol. (Sols Africains Vol. V n° 2 pp 123-148).
- J. PIAS Les sols du moyen et bas LAGONE, du bas CHARI, des régions riveraines du lac TCHAD et du BAHR EL GHAZAL.
- L. PLANTIE Technique Française Algérienne des banquettes de défense et restauration des sols. (colloque sur la conservation et la restauration des sols pp 237-266).
- R. QUANTIN et A. COMBEAU Erosion et stabilité structurale du sol (Publication n° 59 de l'A.I.H. 5, Commission d'érosion continentale pp 124-130).
- SOGETHA Etude pédologique dans la vallée de la MAGGIA.
- SOGETHA Aménagement hydro-agricole de la vallée du GOULBI DE MARADI, étude pédologique de détail.
- SOGETHA Etude hydrogéologique de la vallée de KEITA.



## PREAMBULE

Dans le cadre des études techniques confiées à la SOGETHA par la République du Niger, l'Administration a chargé la Société de l'étude de l'aménagement des quatre bassins versants suivants :

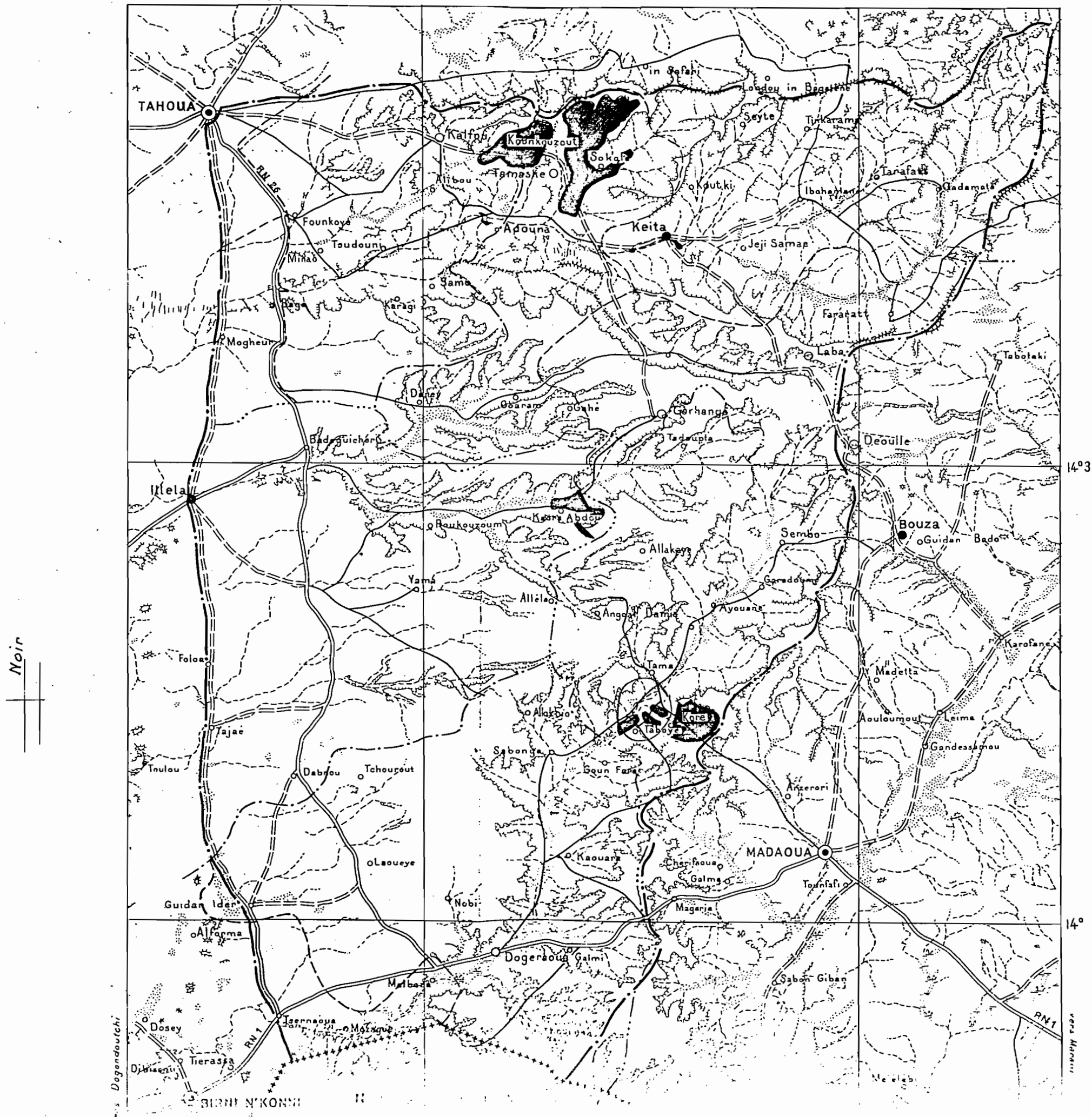
Vallée de KEITA .....	{ Bassin de SOKOLE
	{ Bassin de KOUNKOUZOUT
Vallée de BADIGUICHERI .....	Bassin de KAORA
Vallée de la MAGGIA .....	Bassin de KORE

L'étude confiée à la Société comportait notamment une prospection pédologique détaillée de chaque bassin. Cette prospection a été effectuée à l'échelle du 1/20 000, elle est donc du type détaillé.

Le présent rapport comporte une introduction au milieu (Chapitre I), l'étude sommaire géologique et géomorphologique des différents bassins (Chapitre II), l'étude des sols (Chapitre III), l'étude des caractéristiques chimiques (Chapitre IV) et physiques (Chapitre V), et en conclusion les considérations agronomiques (Chapitre VI).

L'étude de terrain a été effectuée par Monsieur RENON avec la collaboration de Monsieur BOULVERT. La cartographie et le rapport ont été effectués par Monsieur RENON.

PLAN DE SITUATION DES BASSINS VERSANTS EXPERIMENTAUX



## C H A P I T R E I

### GENERALITES

#### SITUATION GEOGRAPHIQUE

Les bassins versants étudiés se répartissent du Nord au Sud de la région dite "ADER DOUTCHI". Ce sont :

- . Les bassins versants de SOKOLE d'orientation Nord-Sud, et d'AGOULOUM d'orientation Est-Ouest qui se rejoignent légèrement à l'Ouest de SOKOLE. Ce village qui se trouve donc dans la zone d'étude, se situe à proximité immédiate de TAMASKE (à l'Est-Nord-Est de ce village) et a pour coordonnées : X : 791, Y : 1642.

La partie étudiée de cet ensemble s'étend sur : 3675 ha.

- . Le bassin versant de KOUNKOUZOUT d'orientation Est-Ouest, situé à 7 km au Nord de TAMASKE et traversé par la piste TAMASKE-TAHOUA. Le village de KOUNKOUZOUT qui se trouve à l'extrémité Ouest de ce bassin a pour coordonnées X : 779, Y : 1645.

La zone étudiée s'étend sur : 2382 ha.

- . Le bassin versant de KAORA. Le village de KAORA qui se trouve sur la bordure Sud-Ouest a pour coordonnées X : 786, Y : 1599.

La superficie cartographiée s'élève à : 1511 ha.

- . Le bassin versant de KORE est situé au Sud de l'ADER et dans la partie hors de l'ensemble hydrographique de la MAGGIA. Le village de TABOYE situé au Sud de KORE a pour coordonnées X : 800, Y : 1573.

La zone étudiée s'étend sur : 3801 ha.

#### DONNEES CLIMATIQUES

Les régions prospectées s'étendent de 14° 10' à 14° 50' de latitude. La distance en latitude est donc assez grande entre les régions situées au Nord et celles situées au Sud de l'ADER DOUTCHI. Les climats seront en conséquence légèrement différents suivant que l'on étudie les bassins versants situés dans le Nord (bassins de KOUNKOUZOUT; SOKOLE) ou ceux répartis plus au Sud (KAORA, KORE).

### Bassins versants de KOUNKOUZOUT, AGOULOUM, SOKOLE

Les observations climatiques sont fournies par la station de TAHOUA, située à 30 km au Nord-Ouest des zones étudiées.

La pluviométrie moyenne y est de : 400 mm, statistiques établies sur 41 ans.

La pluviométrie moyenne est de : 480 mm à KEITA mais pour un nombre d'année plus restreint (5 ans).

S'il est difficile de faire une moyenne, il semble malgré tout logique de penser que la pluviométrie sur le bassin de SOKOLE est plus élevée que celle de TAHOUA.

La température moyenne pendant le mois le plus chaud à TAHOUA est de : 34°.

### Bassins versants de KAORA - KORE

Les points d'observation sont assez éloignés des bassins versants.

La station la plus proche du bassin de KAORA est ILLELA qui est à la même latitude que KAORA : la pluviométrie y est de 439 mm (8 années d'observations). Comme la quantité de précipitation diminue en s'éloignant vers l'Est, nous admettons que la pluviométrie est légèrement inférieure à 439 mm dans le bassin de KAORA. Nous n'avons aucun relevé de température.

La station la plus proche de KORE étant MADAOUA, nous admettons que la pluviométrie est légèrement inférieure à 519 mm. Là non plus, nous ne possédons aucun relevé de température.

### Conclusion

Il semble que les conditions climatiques soient sensiblement les mêmes dans les bassins de SOKOLE, KOUNKOUZOUT, KAORA, avec des précipitations légèrement supérieures pour KAORA.

Le bassin de KORE semble nettement plus arrosé.

### VEGETATION

Seules les vallées sont cultivées. Les pentes abandonnées en grande partie, ont été cultivées à des époques reculées et ont été abandonnées à la suite de la migration vers le fond de la vallée de villages situés antérieurement sur la corniche du plateau. Quelques rares endroits du plateau sont cultivés actuellement.

En conséquence, les vallées et les versants n'ont plus leur végétation climatique, celle-ci formant des îlots épars sur les endroits trop pierreux pour être ou avoir été cultivés.

Le plateau par contre supporte sans doute une végétation en équilibre avec le climat et le sol : c'est la brousse tigrée dénommée ainsi parce qu'elle se condense en bouquets ou en bandes là où la terre exploitable est la plus épaisse, c'est-à-dire dans de petites dépressions, laissant ainsi des vides ici et là sur les affleurements de cuirasse, et donnant à la photographie aérienne un aspect moucheté ou d'une peau tigrée.

Les familles les plus répandues sur le plateau et sur les pentes font partie des Combrétacées :

- . *Combretum micranthum*, servant de bois de construction,
- . *Anogeissus leiocarpus* (bois de chauffage, construction).

Mais l'on rencontre aussi *Boscia senegalensis* (Capparidacées).

Dans les fonds de vallée l'on trouve :

- . *Balanites aegyptiaca* (Simaroubacée),
- . *Acacia senegal laeta* (Légumineuse),
- . *Acacia scorpioides arabica* (Légumineuse),
- . *Acacia senegal* (Légumineuse),
- . *Faidherbia albida* (Légumineuse),
- . *Grewia villosa* (Tilliacées),
- . *Maerua crassifolia* (Capparidacées),
- . *Bauhinia reticulata* (Légumineuse),
- . *Zizyphus jujuba* (Rhamnacées),
- . *Entada africana* (Légumineuse),
- . *Guiera senegalensis* (Combrétacées).

## C H A P I T R E II

### GEOLOGIE - GEOMORPHOLOGIE

#### GEOLOGIE - LES FORMATIONS ANTEQUATERNAIRES

Les trois bassins versants étudiés appartiennent à l'ensemble dit " Bassin des IULLEMEDEN " qui s'étend dans le Niger Occidental et l'extrémité orientale du MALI.

Ce bassin a été comblé par une sédimentation continentale, interrompue parfois par des épisodes marins. Dans les régions étudiées, le plateau de l'ADER DOUTCHI forme le terme ultime de ce remplissage.

Les vallées, objet de cette étude, entaillent plus ou moins profondément le plateau et permettent d'observer les couches témoins de ce remplissage, dont les plus anciennes sont d'âge sénonien (Crétacé supérieur).

Nous allons donc décrire sommairement en prenant comme exemple le bassin versant de SOKOLE, les différentes formations géologiques entrevues, puis nous examinerons les particularités de chaque bassin versant.

#### Bassin versant de SOKOLE - AGOULOUM

De bas en haut, on distingue :

- a. Le Crétacé supérieur - Paléocène (cr 9-8 sur la carte géologique)  
(Sénonien supérieur : Maestrichtien, Danien).

L'on y rencontre, des termes inférieurs aux termes supérieurs :

- . Une série à prédominance d'argile, jaune ou grise, feuilletée ou en plaquettes, gypseuse dans la partie inférieure, des "marnes" jaunes grises ou verdâtres, parfois des grès fins .
- . Une série à prédominance gréseuse : grès fins à très fins souvent ferrugineux, ocres ou rouilles avec des horizons supérieurs durcis, à d'hydroxydes de fer, lie de vin. Des bancs d'argile grise feuilletée s'intercalent parfois dans cette série.

Ces dépôts sont surtout continentaux ou lagunaires.

b. L'Eocène inférieur (e III, VI)

De bas en haut l'on distingue :

- . des schistes papyracés passant parfois à des marno-calcaires en plaquettes,
- . des calcaires argileux jaunes,
- . des calcaires crayeux ou argileux blancs, très fossilifères (bivalves, gasteropodes, nautilus, échinodermes, foraminifères),
- . des calcaires argileux jaunes,
- . des schistes papyracés.

Cette série indique des épisodes marins (calcaires) encadrés par des épisodes lagunaires (schistes).

c. Le Continental Terminal : série sidérolithique de l'ADER DOUTCHI (Ct. I).

Cette série est continentale et surtout constituée de grès plus ou moins ferrugineux, de sables ferrugineux, d'argiles, de couches argilo-sableuses, ferruginisées. Elle est couronnée d'une carapace ferrugineuse datant du plio-villafranchien (groupe des surfaces fin-tertiaire, précédemment plio-pléistocène)\*. Cette carapace, épaisse de 1 à 3 m, comprend à sa partie supérieure des grès grossiers, des quartzistes et est découpée par un réseau de fissures.

Bassin versant de KOUNKOUZOUT

Nous ne retrouvons pratiquement pas de Crétacé supérieur. L'entaille du plateau est en effet moins profonde que dans les autres bassins. En outre, les termes marins de l'Eocène (calcaire) prennent ici une grande importance.

Bassin versant de KAORA

Cette vallée offre un cas intermédiaire entre ceux des deux précédentes vallées, l'entaille est peu profonde mais permet cependant de retrouver le Crétacé dont la partie visible est toutefois moins importante que dans le bassin de SOKOLE.

\* Cf. Dresch-Rougerie : observations géomorphologiques dans le SAHEL du NIGER.

## Bassin versant de KORE

Ici l'entaille est très profonde (supérieure à celle de SOKOLE). La série inférieure - Crétacé - prend donc une importance beaucoup plus grande, notamment dans le paysage, comme nous le verrons ultérieurement. Dans la partie supérieure du Crétacé, les horizons durcis à hydroxydes de fer, lie de vin, sont particulièrement visibles.

## GEOMORPHOLOGIE - GEOLOGIE DU QUATERNAIRE

Le relief dominant est le plateau de l'ADER DOUTCHI, disséqué par des vallées. Ce plateau est structural puisque aucun plissement notable n'a affecté la couche qui reste subhorizontale. Les termes ultimes de ce plateau datent du pliocène et ont été fossilisés par une carapace ferrugineuse, d'origine pédologique, datée du plio-villafranchien.

Au plio-villafranchien, le paysage se présentait donc comme un immense plateau, sur lequel les différentes phases du quaternaire ont imprimé leur marque par l'intermédiaire du réseau hydrographique. A chaque période sèche correspond une érosion linéaire, à chaque période humide un remblaiement ; l'érosion linéaire se fait aux dépens des remblaiements précédents de sorte que le réseau hydrographique a laissé subsister des témoins des différentes phases du quaternaire sous forme de buttes isolées au milieu de la plaine, sous forme de terrasses ou de glacis.

Nous allons étudier la morphologie de ces vallées en étudiant chaque bassin les uns après les autres.

### Bassin de SOKOLE (Figures 1 et 2)

La dénivellation entre le sommet du plateau et le bas de la vallée est important (110 m) et permet donc, comme nous l'avons vu précédemment, d'étudier la stratigraphie complète du Crétacé supérieur au plio-villafranchien. Nous distinguerons ainsi ce que l'on peut appeler des interfluvés, c'est-à-dire des zones de ruissellement spécifique correspondant à chaque forme de relief.

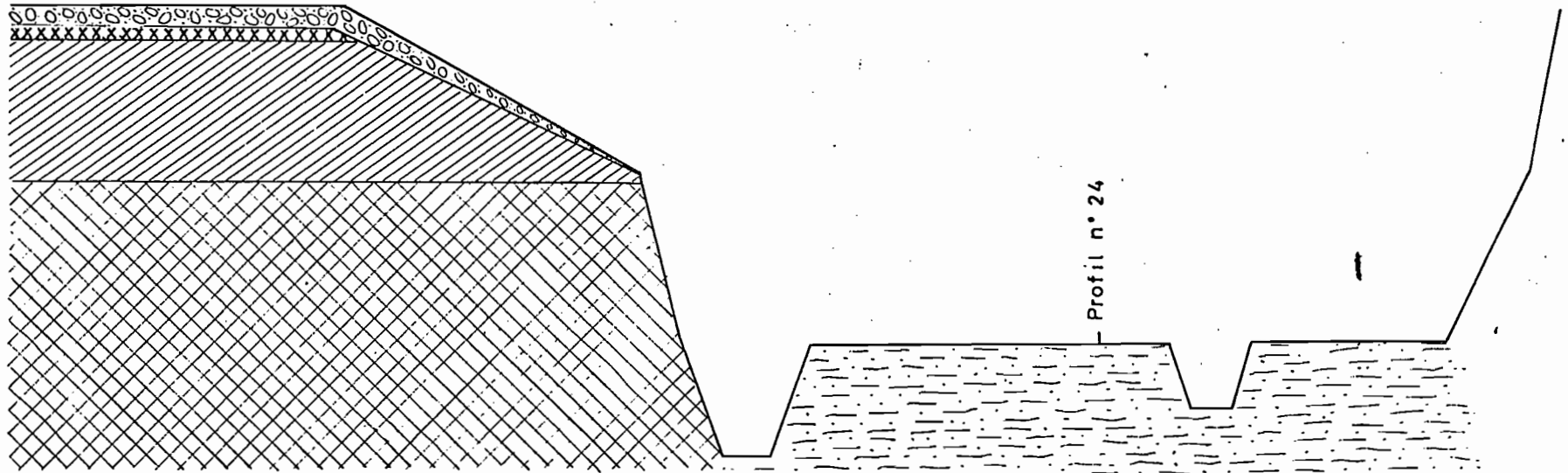
#### a. Le plateau du Continental Terminal ou interfluve du plateau

Notre étude ne le comprenant pas, nous ne le décrirons que très brièvement.






Sur le plateau lui-même, des effets de dissolution et d'effondrements karstiques dus à la présence de couches schisto-calcaires sous jacentes provoquent la formation de petites dolines ou plus simplement cuvettes où les eaux de ruissellement s'accumulent et apportent des éléments fins, produits de démantèlement de la carapace.



# COUPE A\_B



## LEGENDE

-  Blocaille issue de la cuirasse ferrugineuse du Continental Terminal
-  Partie ferrugineuse et plus ou moins cimentée des grès fins du Crétacé
-  Grès fins du Crétacé
-  Argilite
-  Terrasse quaternaire de kori: dépôts stratifiés

Le plateau présente donc un micro-relief constitué par une succession de cuvettes où la terre arable s'accumule et de bosses, affleurements qui sont les témoins de la carapace attaquée par l'érosion. La végétation qui se localise surtout dans les cuvettes, car les conditions pédoclimatiques y sont meilleures, offre un aspect caractéristique connu sous le nom de brousse tigrée ou tachetée.

D'autre part, l'érosion l'emporte sur les agents chimiques et attaque également la carapace ferrugineuse en saison humide : c'est le débitage de cailloux et le ruissellement qui attaquent à la fois le micro-relief et les bords.

b. Le versant ou interfluve de versant

• corniche

Le plateau se termine par une corniche abrupte correspondant à la carapace ferrugineuse. L'épaisseur de cette corniche est de l'ordre du mètre. La carapace attaquée par l'érosion se débite en blocaille qui s'épand sur le versant.

• Partie correspondant au Continental Terminal

La pente moyenne est assez élevée (15 %).

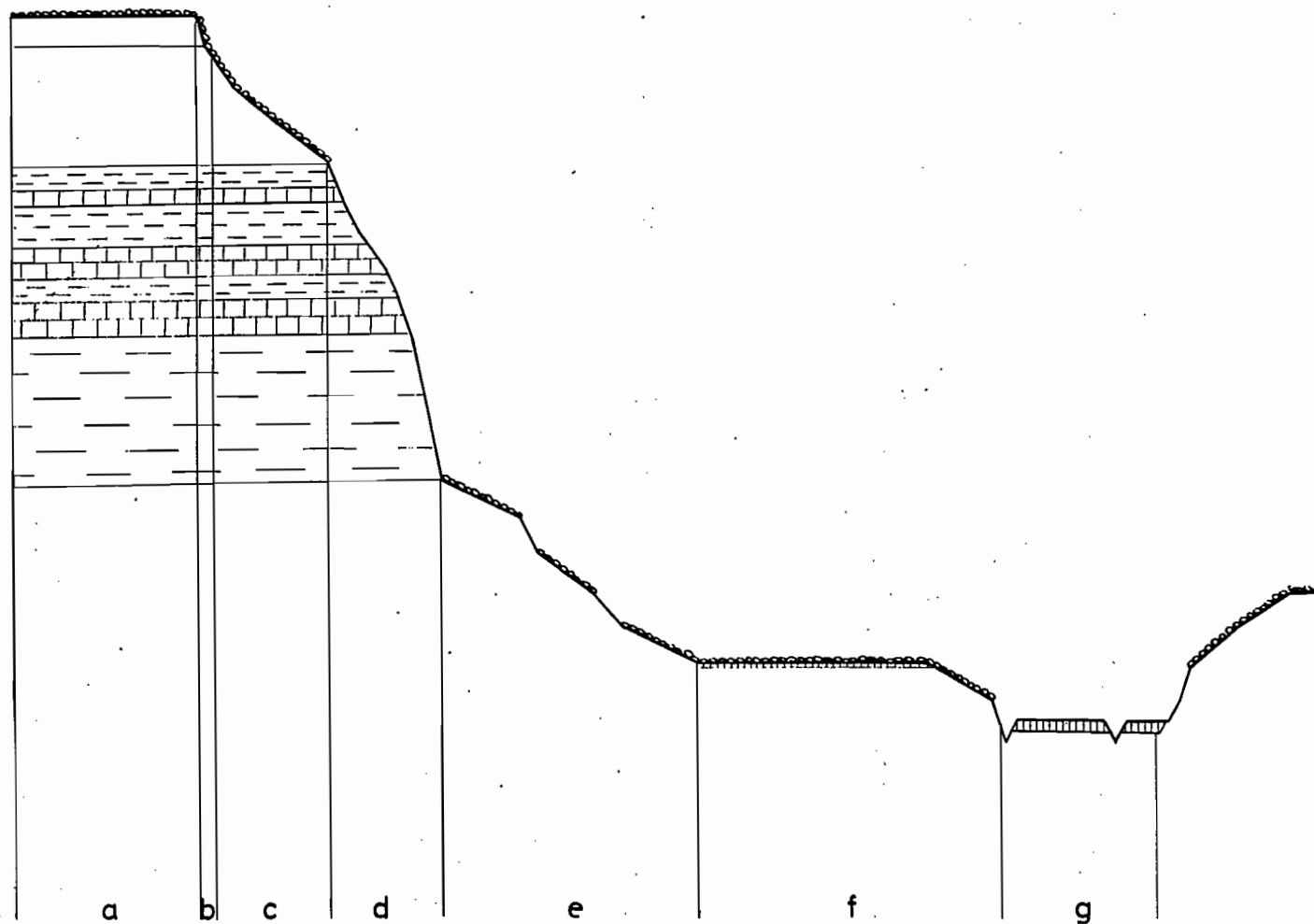
Cette partie du versant est recouverte par les éboulis de la carapace ferrugineuse. Elle est marquée par une série de replats très étroits où les eaux de ruissellement accumulent les limons. Ces replats sont constitués en cuvettes libres de pierraille (non cultivées actuellement), séparées par de la blocaille issue de la carapace ferrugineuse.

Cet aspect semble dû à deux causes :

- d'une part, aux phénomènes de solifluxion qui étaient assez courants lors de climats plus humides. Certaines coulées pierreuses ressemblent en effet fortement à des coulées de solifluxion et ne s'expliquent pas autrement.
- d'autre part, à l'action humaine. A des époques anciennes pour cultiver les versants, les hommes ont épierré les replats où l'épaisseur de terre arable était suffisante pour la culture.

Notons que la végétation dégradée sur les parties pierreuses est totalement absente des cuvettes, ce qui semble bien indiquer une action humaine.

## COUPE TRANSVERSALE (SOKOLÉ)



Echelles : L=1/10 000<sup>e</sup>  
H. 1/1000<sup>e</sup>

### LEGENDE

- a — Plateau recouvert par de la blocaille libre issue de la fragmentation de la cuirasse ferrugineuse du Continental Terminal.
  - b — Corniche due à la cuirasse ferrugineuse du Continental Terminal.
  - c — Talus d'éboulis du Continental Terminal avec plusieurs reptats (pente moyenne 15 %).
  - d — Corniches successives dues à l'affleurement de différents bancs de calcaires durs séparés par des couches schisteuses (pente moyenne 33 %) Eocène.
  - e — Relief mou du à l'affleurement des couches tendres du Crétacé (pente moyenne 5 %).
  - f — Replat d'érosion sur matériau crétacé, fossilisé par une ferruginisation de surface et par un recouvrement de blocaille issue de la fragmentation de la cuirasse ferrugineuse du Continental Terminal.
  - g — Terrasse quaternaire de kori.
- } Série sidérolithique de l'ADER DOUTCHI

• Partie éocène du versant ou interfluve éocène

Ici encore la pente est raide (pente moyenne 30 %) avec prédominance du relief en escalier dû à l'alternance de bancs calcaires qui forment corniches et de couches schisteuses.

Les ravineaux prennent naissance au sommet de l'Éocène. Étroits et encaissés au sommet, ils s'élargissent en traversant les couches schisteuses et isolent ainsi les dômes schisteux que l'érosion attaque d'autant plus violemment qu'ils sont complètement dénudés. Souvent les sols ne peuvent se développer sur ces pentes à cause de l'érosion, alors qu'au sommet du dôme, formant replat sous une corniche calcaire, nous trouvons des sols parfaitement évolués.

Les éboulis de la cuirasse ferrugineuse du plateau ne recouvrent en général que le tiers supérieur de cette partie de versant. Les couches schisteuses inférieures sont peu caillouteuses.

• Interfluve crétacé

La rupture de pente avec la partie précédente est nette et brutale. La déclivité devient moins forte : la pente est de l'ordre de 5 %. Le relief prend un aspect mamelonné, aspect dû aux couches tendres du Crétacé.

Les formations gréseuses sont recouvertes par un pavage d'éboulis issus de la carapace du plateau et plus ou moins recimenté par un liant ferrugineux, formant parfois une cuirasse conglomératique.

Mais en outre, le Crétacé présente deux formes morphologiques caractéristiques : des glacis, faiblement inclinés et des niveaux d'aplanissement.

- Surface d'aplanissement

Pratiquement planes, elles témoignent de phases quaternaires dont la chronologie est loin d'être faite.

Le niveau d'érosion se situe dans la partie gréseuse du Crétacé, non loin de la partie terminale de cette série. Ce niveau a été fossilisé par une cuirasse ferrugineuse d'origine également pédologique et mise à nu par l'érosion. Elle est d'aspect alvéolaire et englobé dans un liant ferrugineux des débris de grès crétacés et aussi de la carapace du Continental Terminal. Cette cimentation, qui a donc eu lieu au Quaternaire, a opéré sur un matériau déjà légèrement ferruginisé puisque la surface d'arasement se situe presque au niveau des horizons lie de vin du Crétacé. Un apport probablement latéral à partir des grès du sommet du Continental Terminal a, d'autre part, contribué à la formation de cette cuirasse.

Ces surfaces d'aplanissement se détachent du versant en éperons et peuvent même se trouver isolées au milieu du piémont, formant ainsi des inselbergs.

Ces inselbergs se forment encore actuellement : la cuirasse est attaquée à un point faible, disloquée et détruite. Les têtes de deux ravineaux se rejoignent par érosion régressive et contribuent ainsi à transformer la surface d'aplanissement en un chapelet de buttes qui s'isolent progressivement les unes des autres.

Ces surfaces, qui ne sont pas cultivées, sont parfois recouvertes par une végétation qui ressemble à celle du plateau.

Notons que les surfaces d'aplanissement sont parfois recouvertes de dépôts colluviaux ou éoliens : des dunes peuvent en effet recouvrir ces surfaces.

#### - Glacis

Le long des versants, entre ces éperons gréseux s'ensèrent des replats en forme de glacis. Ces replats sont en fait des cuvettes que l'érosion a déblayé entre les surfaces d'aplanissement et qui ont été ensuite remblayées par du matériau gréseux arraché aux formations crétacées environnantes. La distance de transport est faible si bien que le matériau alluvionnaire d'origine crétacée ressemble beaucoup au matériau en place.

Ces glacis sont dénudés et rarement cultivés. L'érosion s'y marque sous forme de "rills" à l'aval et "sheet" érosion (nappes ravinantes) à l'amont. La structure de surface des sols développés sur ce glacis est du reste favorable à ces types d'érosion par suite de la présence d'un horizon de 10 à 20 cm d'épaisseur, durci et glacé en surface qui favorise le ruissellement.

Ces niveaux sont souvent parsemés de petites "nebkras" : petites buttes de sable dues à une action éolienne actuelle.

#### • Dépôts de pente

##### - Dunes

Les surfaces d'aplanissement crétacées sont parfois recouvertes de dépôts colluviaux plus ou moins pierreux et provenant du démantèlement des couches sous-jacentes (débris calcaires). En outre, des formations dunaires, postérieures à la surface d'arasion crétacée, ont recouvert parfois cette surface relique.

Ces dunes, qui se localisent sur les flancs E ou N des vallées sont anciennes. Fixées et plus ou moins remaniées par le ruissellement, leur âge est difficile à déterminer. Il semble d'ailleurs que leur orientation ne corresponde plus tout à fait à la direction actuelle du vent dominant (NE) et celui-ci (l'harmattan) ne semble provoquer que la formation de petites nebkras tout au plus.

Une série de dunes se trouve plaquée le long du flanc Est de la vallée de SOKOLE et occupe la plus grande partie de la rive droite du kori d'AGOULOUM.

Ces dunes sont attaquées facilement par l'érosion dont les produits sableux sont étalés sur les plaines de glacis alentour : cet ensablement actuel des terres riches situées à l'aval de la vallée d'AGOULOUM notamment, contribue à appauvrir ces terres.

#### - Plaines de glacis

Ce sont des plaines faiblement inclinées vers le kori. A l'amont des bassins, les plaines de glacis de versants opposés ne sont séparées que par l'incision du kori. A l'aval, au contraire, elles sont séparées par une plaine alluviale où coule le kori et qui est en fait un niveau de terrasse quaternaire.

Ces plaines de glacis se raccordent au versant par une rupture de pente brutale. Elles sont traversées par des ravineaux qui les entaillent peu et s'épandent à l'aval de la plaine.

#### • Les alluvions quaternaires

Le profil en long des koris montre à l'amont une zone à pente forte, où le lit mineur est encaissé et où l'érosion régressive entaille les alluvions et les autres formations géologiques ; une zone aval d'épandage où le lit mineur se marque à peine, divague et où le profil d'équilibre semble atteint.

#### Zone amont

On distingue en général :

- un niveau de terrasse alluviale de kori, non cuirassé, entaillé très violemment par l'érosion actuelle et dont la hauteur du-dessus du lit mineur varie de 3 à 6 m.
- de basses terrasses peu élevées (1 m) au-dessus du lit mineur.
- le lit mineur : la texture est en général grossière ; l'on a affaire à des formations sablo-argileuses. Des débris de cuirasse ou carapace jonchent le sol.

Zone aval (correspondant à la zone de jonction du kori d'AGOULOUM avec celui de SOKOLE)

C'est la zone d'épandage, constituée surtout de limons. La texture y est beaucoup plus fine. Les cailloux en sont généralement absents.

Il faut noter que les inselbergs crétacés forment souvent des étranglements à l'amont desquels s'installe une petite zone d'épandage présentant souvent certains caractères d'hydromorphie.

#### Bassin de KAORA

La dénivellation entre le plateau et le bas de la vallée est de 70 m à l'amont du bassin. On n'y observe plus ni inselbergs ni glacis, mais uniquement différentes surfaces d'aplanissement. Ces surfaces sont recouvertes par des éboulis de la carapace du plateau souvent plus ou moins recimentés. Il semble que ces surfaces se situent au niveau de l'Eocène et non plus du Crétacé comme dans les autres bassins.

Elles se découpent en éperons entre lesquels coulent des ravineaux dans des lits étroits en forme d'auge. Ces lits sont actuellement remblayés par des apports sableux du Continental Terminal ou plus argileux de l'Eocène. Les paysans les ont souvent barré par des lits de pierres derrière lesquels s'accumule la terre arable.

Les dunes ne font leur apparition que dans la vallée principale ; ce sont des dunes anciennes, rubéfiées et très aplanies.

#### Bassin de KORE

La dénivellation entre le plateau et le bas de la vallée est de 40 m au niveau du village de CAMAYE, de 115 m au débouché du bassin dans la vallée principale de la MAGGIA.

Le plateau se subdivise ici en une série de replats correspondant probablement à des niveaux d'érosion, analogues à celui qui a été fossilisé par la cuirasse sur Crétacé, mais plus anciens (quaternaire ancien). Le premier replat, le plus haut est assez large ; il est suivi par une série de marches d'escaliers assez étroites. Ces replats sont parfois cultivés.

Notons que les glacis crétacés prennent ici une grande importance. La carapace ferrugineuse fossilise parfois le niveau d'argilite et pas seulement celui des grès fins.

D'autre part, les dunes sont absentes du bassin proprement dit. Une seule grande dune se trouve à proximité de TABOYE sur la piste TABOYE MADAOUA.

Enfin, l'érosion linéaire semble très faible, même à l'amont, où la pente de la vallée est de l'ordre de 1 % ; les frais sont très peu encaissés.

#### Bassin de KOUNKOUZOUT

La dénivellation reste à peu près constante du village situé dans le fond de la vallée, à l'amont, jusqu'à proximité de KOUNKOUZOUT : elle est de l'ordre de 70 m. Ici le niveau crétacé n'apparaît pas sous quelque forme que ce soit ; cependant, dans les piémonts, des niveaux à cuirasse ferrugineuse se situant à l'altitude des niveaux inférieurs de l'Eocène pourraient être assimilés à des plates-formes d'érosion sur Crétacé, bien que ces surfaces ne soient pas assez élevées pour faire apparaître cet étage.

Le fond amont de la vallée est plus ou moins ensablé par les apports du ruissellement venant des versants et surtout du plateau.

D'autre part, une dune isolée se dresse dans l'axe de la vallée sur la berge droite du kori, à la hauteur du village de KOUNKOUZOUT.

La coupe de la dune montre la superposition suivante :

- . 0 - 4 m : sable plus ou moins rubéfié,
- . 4 - 6 m : formation sablo-argileuse ocre avec nombreux nodules des grès fins du Crétacé,
- . 6 m : substratum de la dune constitué par les formations d'argilite du Crétacé plus ou moins remaniées en place et contenant des nodules de grès fins du même étage.

#### CONCLUSION

Les principales formations facilement érodables sont :

- . les dunes,
- . les versants schisto-calcaires de l'Eocène.

Cependant, d'autres unités, notamment la cuirasse ferrugineuse et les sols des cuvettes du plateau, les terrasses quaternaires sont attaquées par l'érosion dont l'effet s'il est moins spectaculaire n'en est pas moins néfaste.



### Erosion sur les dunes

Les eaux des ravineaux qui traversent ces dunes provoquent l'ensablement des terres riches en aval, c'est le cas dans la vallée d'AGOULOUM.

Cette forme d'érosion et l'épandage des sables peuvent être empêchés en barrant les ravineaux par une série de seuils en pierre.

### Erosion dans les schisto-calcaires

L'érosion est très spectaculaire sur les pentes fortes. Elle se marque par des ravinements de la taille des "rills" (petites incisions) à celle des "gullies" (ravins étroits et profonds).

Sur ces surfaces schisto-calcaires, caractérisées par la formation de très bons sols (vertisols lithomorphes) lorsque les conditions de pente et d'érosion ne sont pas défavorables, l'érosion a des effets néfastes. Il serait donc nécessaire lors de leur mise en culture d'effectuer des travaux anti-érosifs.

L'érosion a d'autres effets néfastes :

- . ensablement des fonds de vallée (notamment la vallée de KOUNKOU-ZOUT) par les eaux de ruissellement venant du plateau, ou des éboulis de cuirasse des versants,
- . sapement des berges des koris amont.

Il paraît difficile de remédier au ruissellement venant du plateau : la lutte anti-érosive dans ce cas relève d'un plan s'étendant sur de nombreuses années et dont les résultats ne seront certes pas spectaculaires dans l'immédiat. Par contre, il paraît possible d'empêcher le ruissellement sur l'interfluve crétacé dans la vallée de KAORA et d'empêcher l'ensablement de la vallée : il suffit de barrer les ravineaux qui passent entre les éperons gréseux. Les paysans utilisent déjà cette solution dans cette vallée.

## C H A P I T R E I I I

### ETUDE DES SOLS

#### PRINCIPES DE CLASSIFICATION

La classification française (G. AUBERT) est basée sur des critères génétiques et comprend au niveau supérieur différentes classes. Chaque classe est divisée en sous-classes, groupes et sous-groupes.

La classe groupe les sols ayant des facteurs communs qui influencent le développement du profil pédologique c'est-à-dire leur mode d'évolution et l'intensité de celle-ci.

La sous-classe est régie par des caractères d'ordre secondaire et en particulier par des conditions de pédo-climat (facteurs éco-climatiques).

Le groupe caractérise le processus d'évolution du profil pédologique.

Le sous-groupe regroupe les sols qui ont des caractères essentiels semblables mais différenciés par une intensité variable du processus fondamental d'évolution. Chaque sous-groupe se subdivise en catégories inférieures : Faciès - Familles - Séries.

- Le faciès indique la variation faible de l'intensité d'un processus.
- La famille met en évidence les caractères pétrographiques du matériau originel.
- La série définit des différenciations de détail dans le profil, dues à un processus externe intervenant peu ou pas dans la genèse du sol, c'est-à-dire ne modifiant pas les caractéristiques différentielles et l'arrangement des horizons du profil pédologique.

Dans une étude pédologique détaillée, la série est subdivisée en "Type" et "Phase" sur la base des critères suivants :

- Le type est en corrélation directe avec la texture du matériau originel.
- La phase correspond à différentes profondeurs de sol.

Notre étude pédologique est du type détaillé.

Pour ne pas compliquer inutilement la carte, nous avons indiqué la profondeur moyenne de sol au niveau de la série.

Nous avons d'autre part indiqué essentiellement la texture au niveau du type.

#### CARACTERISTIQUES DU MATERIAU ORIGINEL

##### Etude de l'origine des matériaux sur lesquels se sont développés les sols

Les sols reconnus dans les vallées de l'ADER DOUTCHI sont caractérisés par une très grande diversité de types pédologiques qui contraste avec l'uniformité des sols du plateau.

Cette diversité s'explique par la présence de couches géologiques très différentes par leur nature physique ou chimique, dont dérivent plus ou moins directement, par un transport plus ou moins grand ou parfois nul, les matériaux supports des différents sols rencontrés dans la vallée.

Il est important de connaître la nature de ces couches qui conditionne la nature même des matériaux supports des différents sols et en conséquence la nature physique et chimique des sols.

##### a. Le Continental Terminal

Les produits de démantèlement de la cuirasse et du Continental Terminal sont grossiers, de texture sableuse, très ferruginisés et au départ de couleur rougeâtre à ocre. Ils contiennent de nombreux débris des grès ferrugineux sous forme d'oolithe (1 à 2 mm de diamètre).

##### b. Les calcaires éocènes

Ces calcaires sont très argileux et donnent donc un matériau à texture fine, argilo-limono-sableux, souvent de teinte claire.

c. Les schistes papyracés à nodules phosphatés de l'Eocène

Matériau très argileux de couleur gris-verdâtre dont l'analyse a donné la composition suivante :

Argile .....	22,7 %
Limon fin .....	25,4 %
Limon grossier .....	11,0 %
Sable fin .....	37,9 %
Sable grossier .....	3,0 %

En outre, la présence de nodules phosphatés est importante car elle conditionne une teneur en  $P_2O_5$  assez élevée dans les sols qui dérivent de ce matériau.

d. Les grès fins du Crétacé

Matériau très sableux de couleur ocre. L'analyse granulométrique indique une grande proportion de sable fin.

e. Les argilites, pélites du Crétacé

Matériau blanchâtre argileux avec des passées gréseuses plus ou moins rouges dont l'analyse granulométrique donne la composition suivante :

Argile .....	26,1 %
Limon fin .....	27,1 %
Limon grossier .....	11,3 %
Sable fin .....	22,4 %
Sable grossier .....	13,0 %

Différents matériaux originels et leur étude texturale

a. Enumération

Les matériaux originels dérivent des matériaux géologiques soit directement, cas où le sol s'est formé sur la roche géologique en place, soit indirectement par transport et mélange avec d'autres apports.

Ces matériaux originels n'ont donc pas une origine unique mais variée; nous avons déterminé un certain nombre de familles de matériaux suivant l'origine et suivant l'ancienneté du dépôt, lorsque cette origine était trop confuse.

- Famille sur matériau issu des grès ferrugineux du Continental

L'origine en est aussi bien les grès ferrugineux que les produits de démantèlement de la cuirasse et se marque par l'abondance d'oolithes ferrugineuses. L'étendue recouverte par cette famille de roche-mère est très grande; la couleur de base est ocre à rougeâtre.

- Famille sur matériau issu de l'Eocène

Cette famille se situe à proximité des versants calcaires et est caractérisée par la présence, outre d'une teneur en calcaire variable, de minuscules grains de calcaire.

- Famille sur matériau issu des schistes éocènes

Cette famille se situe sur l'interfluve schisteux éocène.

- Famille sur matériau issu des grès fins du Crétacé

La couleur de base est ocre.

- Famille sur matériau issu des argilites - pélites du Crétacé

- Famille sur matériau ancien de comblement de vallée

L'origine est ancienne et complexe.

- Famille sur alluvions de cours d'eau temporaires

Elle se répartit sur les terrasses de koris, sur les épandages de ravineaux. Des lignes de cailloux séparent les différents apports.

- Famille sur matériau éolien

Elle occupe les dunes anciennes fixées, les petites nebkas actuelles ainsi que les matériaux romaniés par ruissellement au pied des dunes, sur les épandages de ravineaux qui érodent ces dunes.

• Famille sur matériau colluvial indifférencié

Au pied des versants et d'origine multiple.

• Famille sur limons d'épandage

Nous avons classé dans cette famille les sols formés sur les limons récents qui recouvrent les zones d'épandage de crue à l'aval des vallées.

b. Etude texturale (figures 3 et 4)

La granulométrie est en relation avec celle du matériau géologique dont est issu le matériau originel. Elle en diffère cependant par suite de transport et l'apport d'autres matériaux pendant et après ce transport.

L'analyse granulométrique a mis en évidence une proportion importante de limon fin et de limon grossier, généralement supérieure à la teneur en argile (fraction 0-2 mm). De ce fait, nous avons été amenés à utiliser le triangle textural de la classification américaine qui tient plus compte de la fraction limoneuse (limon fin : 2-20 mm plus limon grossier : 20-50 mm).

Dans l'étude de reconnaissance, ces fractions limoneuses étaient réparties d'une part dans les éléments fins (fraction 2-20 mm) et d'autre part dans les sables fins (fraction 20-50 mm). En outre, dans le triangle textural de la classification américaine les limites des classes sablo-limoneuses et limono-sableuses ont été modifiées de façon à faire ressortir la classe sablo-argileuse qui n'existait pas dans le triangle.

Les différentes familles distinguées précédemment qui reflètent l'origine du matériau originel sont étudiées ci-après.

• Matériau issu des grès ferrugineux de la série sidérolithique de l'ADÈR DOÛTCHI

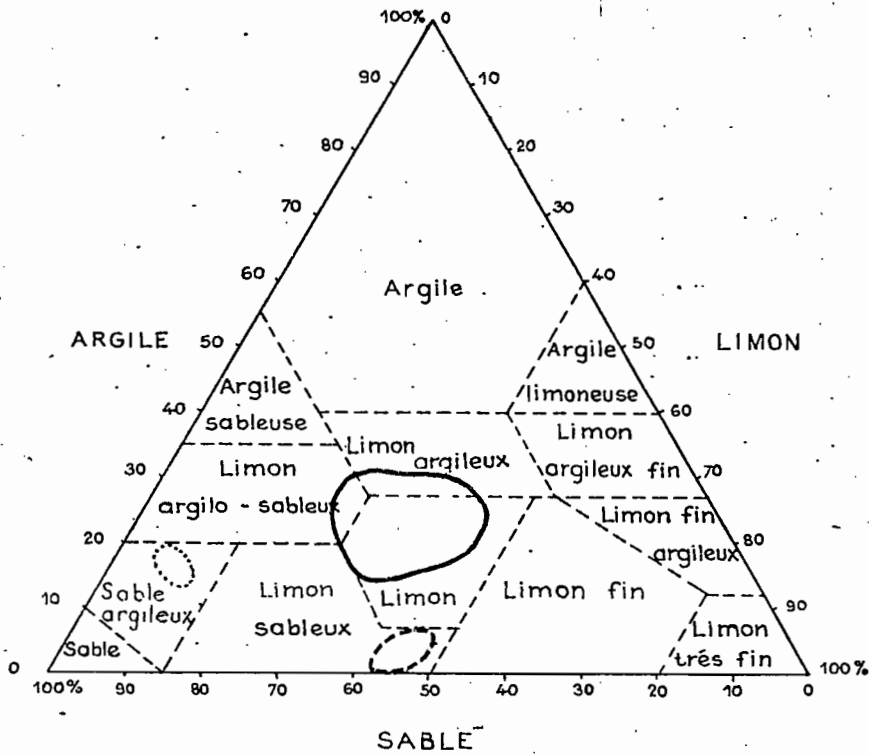
Le nuage de points qui se situe dans la fraction sablo-argileuse est caractérisé par une teneur en argile variant de 5 à 17 % d'argile, 10 à 18 % de limon, 65 à 80 % de sable.

• Matériau ancien de comblement de vallée

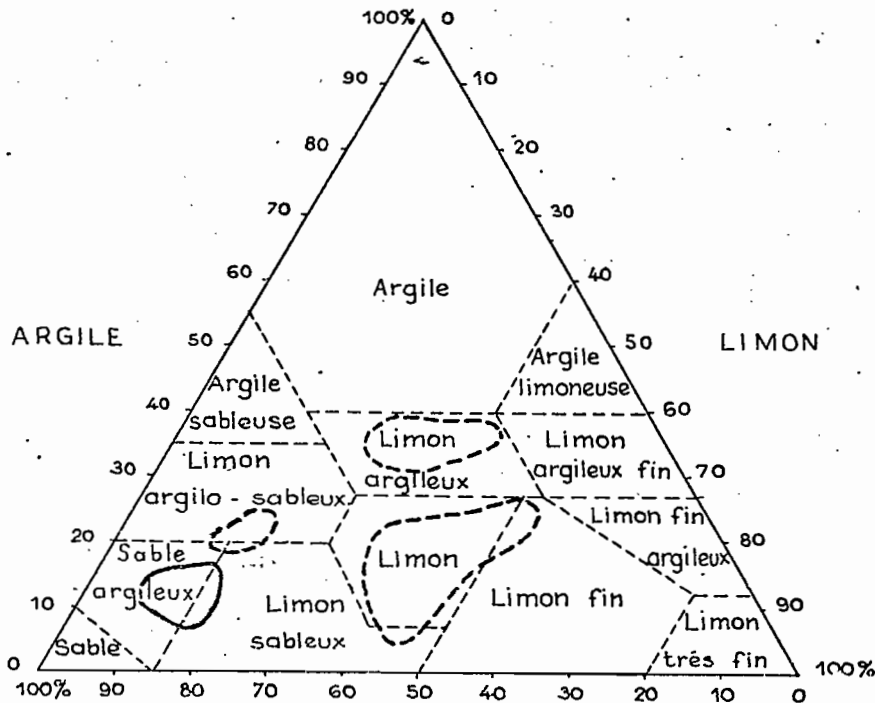
Il se répartit en 3 classes texturales :

- classe des limons argileux : la teneur en argile varie de 32 à 40 % en limon de 20 à 45 % - en sable de 17 à 35 %.
- classe des limons : teneur en argile de 5 à 25 % - en limon de 35 à 55 % - en sable de 20 à 50 %.
- classe des limons argilo-sableux : argile de 18 à 25 % - limon de 15 à 20 % - sable de 55 à 70 %.

- des colluvions d'origine mixte ( Eocène - Crétacé ) ○
- des matériaux issus des grès fins du Crétacé ○
- des matériaux issus des calcaires éocènes ○

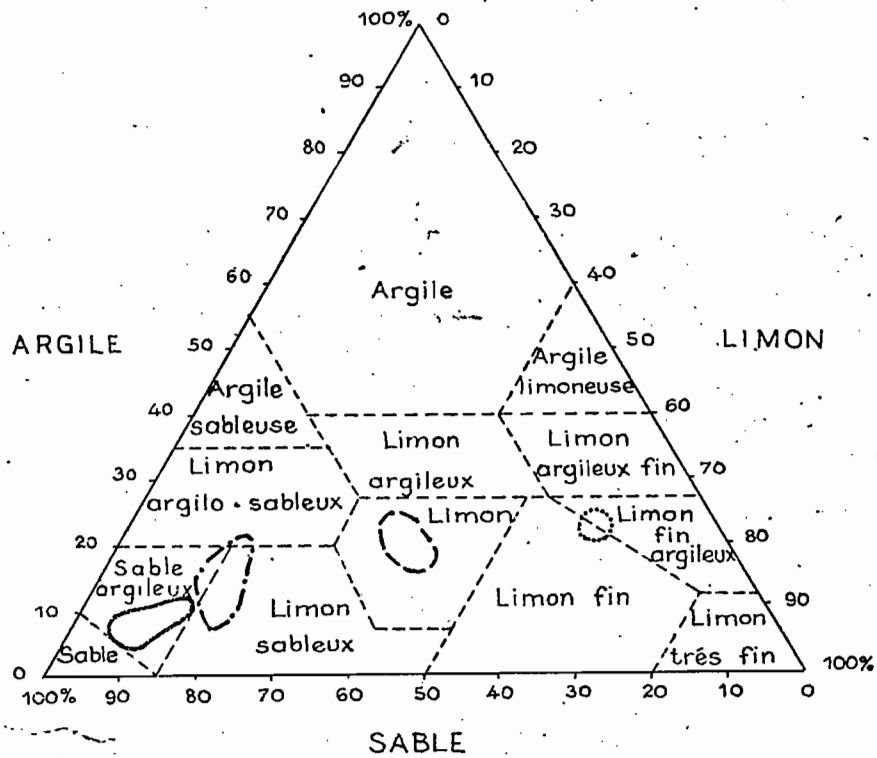


- des matériaux anciens de comblement de vallée ○
- des matériaux issus des grès ferrugineux de la série sidérolithique de l'Ader Douchi ○



## COMPOSITION GRANULOMETRIQUE

- des matériaux issus des schistes éocènes ○
- des matériaux issus de l'argilite du Crétacé ○
- des matériaux sableux éoliens dunaires ○
- des matériaux d'épandage récent ○





• Matériau d'origine Eocène (calcaire et schiste) et Crétacé (argilite)

Il est groupé en une seule classe, celle des limons. La teneur en argile varie de 15 à 32 %, en limon de 22 à 45 %, en sable de 30 à 55 %.

• Matériau issu des grès fins du Crétacé

Une seule classe l'englobe; celle des sables argileux. La teneur en argile est comprise entre 14 et 20 %, la teneur moyenne en limon est de 10 % et en sable de 70 %.

• Matériau sur schistes à nodules phosphatés de l'Eocène

Il est caractérisé par une seule classe : les limons. La teneur en argile varie de 15 à 25 %, en limon de 30 à 40 %, en sable de 40 à 45 %.

• Matériau sur argilite du Crétacé

C'est la classe des limons fins argileux; teneur en argile de 22 %, en limon de 60 % et en sable de 18 %.

• Matériau sur sable éolien dunaire

Il est classé dans la catégorie des sables argileux : teneur en argile de 5 à 12 %, en limon de 5 à 15 %, en sable de 72 à 87 %.

• Matériau sur limons d'épandage récent

Il est caractérisé par la classe des limons sableux : teneur en argile de 8 à 23 %, en limon de 12 à 20 %, en sable de 60 à 72 %.

• Alluvions des cours d'eau temporaires

Les résultats sont trop hétérogènes pour pouvoir en tirer des conclusions statistiques.

En résumé, il apparaît que les matériaux originels sont peu argileux, mais plutôt limoneux, les courbes se situant soit au centre, soit vers le bas gauche du triangle de texture, la proportion de sable étant assez élevée (supérieure à 30 %).

## TYPES DE DEVELOPPEMENT DE PROFIL

Les sols répertoriés se trouvent dans les classes suivantes :

- Classe des sols minéraux bruts
- Classe des sols peu évolués
- Classe des sols steppiques
- Classe des sols calcomagnesimorphes
- Classe des vertisols.

Chaque classe se subdivise en sous-classe, groupe et sous-groupe. Dans les différents sous-groupes nous retrouverons en général les mêmes familles et les mêmes séries.

Nous avons précédemment énuméré les principales familles. Les séries se différencient en :

- Série modale ou normale (profil bien développé),
- Série calcaire : la teneur en calcaire se marque par une effervescence plus ou moins vive à l'acide chlorhydrique,
- Série humifère : l'horizon humifère de surface est particulièrement important,
- Série mince : épaisseur de la terre arable est inférieure à 100 cm,
- Série érodée très mince : l'épaisseur de la terre arable est inférieure à 30 cm.

Quelques séries particulières et peu fréquentes seront décrites lors de l'énumération des différents sols.

### Classe des sols minéraux bruts

Les sols sont caractérisés par une absence d'évolution du profil.

Les sols reconnus se groupent dans la sous-classe des sols minéraux bruts non climatiques où l'absence d'évolution n'est pas due à des causes climatiques mais à la jeunesse du matériau originel.

Ils se subdivisent en :

- Sols minéraux bruts d'érosion ou squelettiques où l'évolution du profil est freinée par l'érosion constante des horizons supérieurs. Ces sols sont soit lithiques s'ils ne sont pas pénétrables par les racines, soit régosoliques dans le cas contraire.
- Sols minéraux bruts d'apport où la jeunesse du matériau est due à son apport très récent d'origine alluviale, colluviale ou éolienne.

a. Groupe des sols bruts d'érosion ou squelettiques

Sous-groupe des lithosols

• Famille sur grès ferrugineux de l'ADER DOUTCHI

- Série à pavage continu des surfaces structurales du plateau. Ces sols se répartissent sur les affleurements de la cuirasse du plateau.
- Série à pavage discontinu des corniches et talus d'éboulis. Ils se répartissent sur les éboulis de la cuirasse et sur coulées pierreuses (anciennes coulées de solifluxion) de l'interfluve du Continental Terminal.  
Ils sont caillouteux exclusivement avec parfois un peu de limon intersticiel.
- Série à pavage continu des corniches : elle correspond à l'affleurement de la cuirasse du plateau.

• Famille sur grès ferrugineux de la surface d'aplanissement du Crétacé

Ils se répartissent sur les niveaux d'érosion sur Crétacé. Ils sont analogues à la série sur surfaces structurales du plateau.

• Famille sur calcaire éocène

Les sols de cette famille se répartissent sur les affleurements des calcaires où une évolution pédologique n'a pu se faire.

Sous-groupe des régosols

• Famille sur grès fins et argilite du Crétacé

Cette famille se rencontre surtout dans les vallées de KORE, SOKOLE.

• Famille sur schistes éocènes

Cette famille se situe au niveau de l'interfluve schisteux éocène dans les cinq vallées, mais principalement dans le bassin de KORE.

b. Groupe des sols bruts d'apport

Sous-groupe d'apport alluvial

• Famille sur alluvions indifférenciées

Ce sous-groupe se localise sur les basses terrasses des koris dans le lit mineur (vallée de KOUNKOUZOUT, KORE, KAORA, SOKOLE, AGOULOUM).

Il se subdivise en :

- Série caillouteuse
- Série non-caillouteuse.

Sous-groupe d'apport colluvial

• Famille sur colluvions caillouteuses indifférenciées

Dans cette famille sont groupés tous les sols exclusivement caillouteux rencontrés au pied des versants ou dans la plaine qui proviennent très souvent de coulées de solifluxion ancienne. Cette famille se rencontre surtout dans la vallée de KOUNKOUZOUT.

Sous-groupe d'apport éolien

On le trouve sur les apports sableux éoliens actuels qui recouvrent certains dépôts anciens ou même des dunes fossiles.

Classe des sols peu évolués

a. Généralités

Le profil est du type AC, sans nette différenciation d'horizons; la couleur et la texture sont variables suivant l'origine du matériau. La structure est soit fondue, soit particulière avec quelquefois tendance à sec à la forme polyédrique subanguleuse instable; humides, ces sols sont peu structurés.

La caractéristique de ces sols est le litage très net que présente le profil. Les différents apports se superposent en lits horizontaux que l'évolution pédo-biologique du sol n'a pas eu le temps d'homogénéiser.

La teneur en matière organique est faible en général (moyenne de 0,5 %); les teneurs moyennes en azote sont de l'ordre de 0,4 % et le rapport C/N moyen est inférieur à 6, lié aux faibles teneurs en matière organique.

Les pH sont très variables suivant l'origine du matériau ainsi que les capacités d'échange dont le taux de saturation oscille en général autour de 80 %.

Les sols répertoriés dans cette classe se répartissent dans la sous-classe des sols peu évolués d'origine non climatique et aux niveaux groupe et sous-groupe, parmi les sols peu évolués d'apport bien drainés.

#### b. Différentes familles

- Famille sur alluvions récentes des cours d'eau temporaires

Souvent la texture est très hétérogène : horizons sableux, argileux, limoneux se succèdent sur de faibles épaisseurs.

- Famille sur limons d'épandage

Cette famille se rencontre surtout dans les vallées d'AGOULOUM, KORE.

- Famille sur matériau d'origine éocène

Cette famille, qui se situe au pied des versants calcaires ou à proximité, est caractérisée par une faible teneur en calcaire.

Une série particulière est celle qui repose sur un matériau vertisolique, dont la présence en profondeur entraîne des conditions de drainage défavorables.

- Famille sur matériau issu des grès ferrugineux de l'ADER  
DOUTCHI

La roche-mère est sablo-argileuse de couleur rougeâtre. Dans la vallée de KAORA où cette famille est fréquente, une pellicule de 5 cm d'épaisseur de sable gris-noir constituée par des oolithes ferrugineux recouvre une grande partie des sols. La structure est particulière.

• Famille sur matériau éolien

On la rencontre sur les dunes de KORE de la vallée d'AGOULOUM, sur la grande dune de KOUNKOUZOUT. La structure est particulière, la texture sableuse à sablo-argileuse.

• Famille sur grès fin du Crétacé

La couleur est ocre, la texture sablo-argileuse et la structure particulière. La surface qu'elle représente est infime (vallée de SOKOLE - AGOULOUM et KORE).

Certains de ces sols marquent une évolution soit vers les sols bruns, soit vers les sols brun-rouge, soit vers les sols bruns calcaires. Cette évolution est indiquée au niveau du faciès qui distingue trois unités :

Faciès à tendance sol brun

La couleur brun à brun clair (7,5 YR 4/4 - 7,5 YR 5/4), en profondeur est plus foncée en surface (début de steppisation). Le litage est encore souvent visible. La structure évolue vers la forme polyédrique subanguleuse instable, se délitant cependant très facilement.

La teneur en matière organique est plus élevée, le rapport C/N est très variable. Le pH est neutre à basique.

L'on distingue :

- Famille sur matériau issu des grès ferrugineux de l'ADER DOUTCHI,
- Famille sur matériau éolien dunaire,
- Famille sur alluvions des cours d'eau temporaires,
- Famille sur grès crétacé ocre.

Faciès à tendance sol brun-rouge

La couleur est rougeâtre (5 YR 5/8), légèrement plus jaune en surface. Le litage est peu visible et le profil offre une structure fondue évoluant parfois à l'état sec vers une structure nuciforme très instable.

Des oolithes de la taille d'une tête d'aiguille issus des grès ferrugineux et notamment de la carapace surmontant le Continental Terminal sont très visibles dans les profils. Souvent ces sols recouvrent des sols brun-rouge typiques.

La matière organique est faible, le rapport C/W est variable. Les pH sont légèrement acides (inférieurs à 6,5).

L'on distingue :

- Les familles sur matériau issu des grès ferrugineux de L'ADER DOUTCHI

Ces sols sont fréquents dans le fond de la vallée de KOUNKOUZOUT. Il est probable du reste qu'une partie du matériau provient de dunes anciennes rubéfiées remaniées par les eaux de ruissellement.

- Famille sur matériau éolien

Ce sont de très anciennes dunes, plus ou moins rubéfiées. La famille se rencontre sur les dunes de KORE, KOUNKOUZOUT, AGOULOUM.

- Famille sur alluvions

#### Faciès à tendance sol brun calcaire

La couleur est claire (due à la présence du calcaire) et tend vers 10 YR 5/4. La teneur en calcaire est relativement faible. Le litage est encore visible mais la structure de surface tend vers la forme polyédrique anguleuse. La texture devient plus limoneuse (sablo-limoneux à limono-sableux).

Ce faciès se rencontre soit au pied des versants éocènes (familles sur colluvions et sur matériau d'origine éocène), soit dans les plaines d'épandage (famille sur limons d'épandage), ce qui est le cas pour l'aval des vallées de KAORA et KORE.

Notons que nous avons reconnu en deux endroits des sols peu évolués d'apport mal drainés : ce type de sol repose à 50 cm sur un matériau vertisolique qui empêche un bon drainage. Ces sols sont situés sur alluvions de cours d'eau temporaires limoneuses à limono-argileuses. Vu la faible superficie occupée par ces sols, nous avons jugé inutile de les mentionner sur la carte.

## Classe des vertisols et paravertisols

### a. Généralités

Ce sont des sols caractérisés par une teneur en éléments fins élevée (taux d'argile supérieur à 35 % pour les vertisols) et une couleur généralement foncée. La structure large tend à devenir prismatique, cubique ou en plaquettes en profondeur avec des slickensides qui en sont les faces de glissement polies et rayées; les horizons inférieurs sont très compacts et la porosité d'ensemble est faible. Souvent des fentes de retrait caractérisent ces profils : ces phénomènes sont dus à la nature de l'argile (montmorillonite très souvent) qui est prépondérante dans ce sol.

Suivant pédo-climat, on scinde la classe en deux sous-classes.

- Sous-classe des vertisols lithomorphes dont la génèse liée à la nature minéralogique de la roche-mère est conditionnée par une hydromorphie peu prononcée.
- Sous-classe des vertisols topomorphes dont la génèse est due à des conditions de drainage mauvaises (position en cuvette) liées à la nature de la roche-mère, riche en montmorillonite.

Suivant la structure fine ou grossière des horizons supérieurs, chaque sous-classe est scindée en deux groupes.

### b. Sous-classe des vertisols lithomorphes

#### • Description

La couleur est variable avec l'origine; elle est sombre et tend vers le gris-verdâtre (2,5 YR 4/4; 2,5 Y 4/2), couleur des schistes sur lesquels on les trouve le plus souvent; elle est de couleur marron (10 Y 3/3) sur matériau crétaé ou mixte éocène-calcaire.

Parfois les profils contiennent quelques cailloux épars, débris de cuirasse ferrugineuse ou de calcaire éocène.

La texture est fine mais le pourcentage d'éléments fins est souvent de peu supérieur à 50 %. La teneur en argile est inférieure à 35 % et est équivalente à celle des limons (20 à 25 %). Les vertisols à horizons de surface largement structurés semblent avoir une teneur en argile supérieure aux vertisols à horizons de surface à structure fine, teneur qui n'atteint cependant que 30 à 35 %.



Dans les horizons supérieurs des vertisols à horizons de surface finement structurés, la forme grumelleuse à polyédrique fine anguleuse bien développée est visible sur 20 - 40 cm d'épaisseur. La structure devient compacte, en plaquettes avec faces de glissement, polies et rayées (slickensides) en profondeur. Souvent, des fentes prennent naissance à la ligne de séparation des deux horizons et descendent en profondeur. Très fréquemment, ces fentes, qui ne sont jamais larges sont remplies par des coulées de l'horizon supérieur à structure fine (phénomène de self-mulching).

Chez les vertisols à horizon de surface largement structuré, la structure est grossière dès le haut avec prédominance de la forme polyédrique anguleuse grossière bien développée passant en profondeur à la structure en plaquettes. Des fentes s'y développent mais ne sont jamais très larges.

#### • Caractéristiques chimiques

La teneur élevée en matière organique des vertisols lithomorphes (moyenne de 1,6 %) baisse très progressivement en profondeur. La teneur en azote est bonne (moyenne de 1 %). Le rapport C/N indique une bonne minéralisation de la matière organique (valeurs moyennes 10).

Les pH sont élevés, les valeurs se situent aux alentours de 7,8.

La capacité d'échange est élevée (valeurs souvent supérieures à 40 me pour 100 g de sol) et le taux de saturation voisine les 100 %.

Les teneurs en calcaire sont variables. Souvent les vertisols formés directement sur schistes éocènes, non calcaires initialement, sont recalcarisés partiellement par les eaux de ruissellement, ou par des apports. Souvent aussi le matériau n'est pas calcaire dans la masse mais est ponctué de nombreux grains calcaires.

Les réserves minérales sont bonnes; les teneurs en  $P_2O_5$  et  $K_2O$  assimilables sont bonnes; elles ne sont pas inférieures respectivement à 0,6 % et 0,2 %.

L'analyse aux rayons X de l'argile indique que les vertisols lithomorphes contiennent de la montmorillonite et de la kaolinite, la montmorillonite étant en plus grande quantité que la kaolinite.

#### • Caractéristiques physiques

Les vertisols lithomorphes ont une perméabilité faible, et un indice structural souvent variable.

Les capacités de rétention sont fortes (supérieures souvent à 25 %).

Les perméabilités en place varient de 10 cm/h en surface à 1 cm/h en profondeur, les vertisols à structure fine de surface étant légèrement plus perméables en surface.

• Localisation

Ces vertisols se rencontrent sur les versants au niveau des schistes éocènes, au niveau des affleurements des argilites et pélites crétacés. Ils sont particulièrement nombreux dans la vallée du KORE où ils occupent une grande partie des versants.

On y trouve :

- Les familles sur matériau issu de l'Eocène, influencées simultanément par les schistes et les calcaires avec toutefois prédominance des schistes.
- Famille sur matériau issu des schistes éocènes (sol formé sur la roche en place), dont la couleur est gris-verdâtre.
- Famille sur matériau issu du Crétacé (argilite - sols formés sur la roche en place), dont la couleur est grise.
- Famille sur colluvions dont l'origine est difficile à définir clairement : schistes, argilite, calcaire ... et dont la couleur tend vers les nuances chocolat.

• Végétation - Culture

Ces sols sont rarement cultivés probablement par suite de leur éloignement des villages, et surtout des travaux de terrassement nécessaires à une mise en valeur rationnelle; les rares endroits cultivés sont des replats de terrasses aménagés pour empêcher plus ou moins l'érosion (lignes de pierre par exemple). La culture est le sorgho dont le rendement semble bon.

On trouve parfois *Bauhinia reticulata*, *Entada africana*, *Guiera senegalensis*.

• Description d'un profil caractéristique

Vertisol lithomorphe à structure fine de surface sur matériau d'origine mixte (17 S).

Quelques cailloux de grès ferrugineux et de calcaire éocène en surface.

- 0-10 cm : Argileux, structure polyédrique fine subanguleuse bien développée, Pseudomycélium calcaire et radicelles bien développées, pénétrant partout (2,5 Y 3/2).
- 10-25 cm : Argileux, structure polyédrique moyenne subanguleuse bien développée, calcaire, faces lisses et rayées (slickensides), Pseudomycélium et radicelles se localisant déjà le long des faces, Polyèdres très durs, micro-porosité faible, nombreux cailloux (grès ferrugineux), nombreux grains de calcaire.
- 25-40 cm : Limoneux, structure polyédrique grossière bien développée, anguleuse, macrostructure de tendance prismatique (fentes longitudinales) nombreux cailloux émoussés (grès ferrugineux), nombreux grains de calcaire, débris de coquillages, tendance à la structure en plaquette, nombreuses faces polies et rayées, calcaire.
- 40-150 cm : Limoneux, structure en plaquettes, faces polies et rayées, fentes larges allant jusqu'en profondeur (2 à 3 cm de large), macrostructure de tendance prismatique. Forte compacité, calcaire, nombreux grains et graviers de calcaire (2,5 Y 3/2).

L'analyse donne les résultats suivants :

Echantillons		R. 21	R. 22	R. 23	R. 24
PROFONDEUR (cm)		0-10	10-25	25-40	40-120
pH		7,7	7,9	7,9	7,8
CALCAIRE		8,7	11,8	10,9	12,5
GRANULOMETRIE (%)	Argile	19,3	15,1	22,0	10,5
	Limon fin	25,2	31,8	28,7	42,3
	Limon grossier	8,5	10,6	7,9	7,0
	Sable fin	28,8	29,2	30,3	30,1
	Sable grossier	18,2	13,3	11,1	10,2
MATIERE ORGANIQUE (%)		1,992	1,827		
AZOTE TOTAL (‰)		1,12	0,84		
C/N		9,8	12,6		
BASES ECHANGEABLES (me/100 g)	Calcium	33,4	37,4		
	Magnésium	3,8	6,4		
	Potassium	0,52	0,30		
	Sodium	0,65	0,48		
	S	38,37	44,58		
	T	39,99	46,64		
S/T = V		95	95		
PERMEABILITE (cm/h)		12	2		

c. Sous-classe des vertisols topomorphes

• Description

La couleur est variable mais en général, brun foncé, la texture très fine : la teneur en argile dépasse 35 % et peut même atteindre 50 %.

La structure est large et grossière dès le sommet. Le débit se fait en très gros polyèdres anguleux à l'intérieur desquels la structure est massive. En profondeur, les slickensides apparaissent irrégulièrement : on peut dire que la structure est massive, la surstructure étant polyédrique. La porosité est très faible. De très grosses fentes (3 cm de large) partent du sommet et descendent jusqu'à un mètre de profondeur en surface. Elles découpent le sol en y dessinant des polygones.

• Caractéristiques chimiques

La teneur en matière organique est élevée et décroît très lentement avec la profondeur (teneur moyenne de 1,92 % en surface). Les teneurs en azote sont moyennes (0,8 %) et la valeur du rapport C/N faible (7,2).

La teneur en calcaire total est dans de faibles proportions variable avec la profondeur mais il n'y a pas de liaison nette.

Les pH oscillent autour de 8.

La capacité d'échange est élevée (35 me) et le taux de saturation atteint pratiquement 100 %.

La teneur en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> total est forte ainsi qu'en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et K<sub>2</sub>O assimilables.

L'analyse aux rayons X indique la présence de montmorillonites et de kaolinite en quantités égales avec des traces de chlorite.

• Caractéristiques physiques

Le caractère essentiel est la très faible perméabilité, difficile à mesurer en saison sèche, par suite de la présence de fentes de retrait larges et profondes.

Ils ont en outre un indice d'instabilité élevé indiquant une tenue médiocre à l'eau.

• Localisation

Ces sols se rencontrent surtout dans la plaine de KORE, au confluent du bassin avec la MAGGIA. Ils occupent une vaste zone qui fait partie de la zone des vertisols topomorphes de la vallée de la MAGGIA.

Quelques îlots se rencontrent aussi sur les replats de versants plus ou moins mal drainés et dans les cuvettes (plaine de KOUNKOUZOUT).

• Culture

Ces sols sont actuellement cultivés pendant l'hivernage et la saison sèche : ils se trouvent en effet au bord de la MAGGIA et sont donc inondables. D'autre part, la nappe phréatique étant peu profonde (à 2 m de profondeur au mois de Décembre) ils peuvent être irrigués pendant une partie de la saison sèche. C'est donc l'alternance sorgho - cultures maraîchères qui prédomine.

• Description d'un profil caractéristique

(vertisol topomorphe n° 294 KR)

Fentes très larges (2 à 3 cm) déterminant en surface des polygones.

0-25 cm : Horizon limono-argileux à structure polyédrique grossière anguleuse bien développée, calcaire, larges fentes (3 cm) se développant dès la surface et dans lesquelles les racines se localisent (10 YR 5/3).

25-150 cm : Horizon à structure grossière en gros polyèdres (30 cm de diamètre) délimités par les fentes qui se continuent. A l'intérieur des polyèdres, parfois structure en plaquettes fines avec faces de glissement. Les fentes diminuent de largeur pour disparaître vers 150 cm - Grande compacité (10 YR 4/4).

Classe des sols calcomagnésimorphes

Ce sont les sols dont l'évolution est dominée par la présence ou l'action d'un sel de calcium, de calcium et magnésium, ou de magnésium.

Cette classe est scindée en deux sous-classes suivant la présence ou l'absence d'accumulation gypseuse. Les sols cartographiés se rangent uniquement dans la sous-classe des sols humifères à calcaires ou dolomie.

Cette sous-classe est divisée en deux groupes :

- groupe des rendzines,
- groupe des sols bruns calcaires (rendzines à horizons).

Dans le premier groupe, nous avons cartographié uniquement des rendzines initiales, et dans le deuxième groupe les sols bruns calcaires bien drainés et bruns calcaires hydromorphes.

a. Rendzines initiales

Ce sont des sols peu évolués et faiblement humifères par rapport aux rendzines typiques mais très humifères par rapport aux autres sols : ce sont des rendzines jeunes.

Les sols cartographiés se classent à la limite des rendzines typiques.

• Description

Le profil montre un horizon meuble limité soit par la roche calcaire, soit par des lits de graviers de grès ferrugineux, enrobés dans une pellicule calcaire. Dans le premier cas, le sol s'est formé en place, directement sur calcaire éocène; dans le second cas il s'est formé sur matériau issu de l'érosion des calcaires éocènes mais transporté, en général, à peu de distance des versants.

L'épaisseur est faible (inférieure à 50 cm).

La couleur est gris noirâtre (7,5 YR 4/0), la couleur claire dans le bas du profil est due au calcaire et a tendance à être masquée par la matière organique vers le sommet du profil.

La structure est grumeleuse avec souvent une surstructure polyédrique moyenne anguleuse. Parfois, la structure est finement polyédrique.

Lorsque le sol s'est formé en place, cas où il se rapproche des rendzines typiques, des cailloux de calcaire éocène sont dissimulés dans le profil, de plus en plus nombreux vers le bas pour former la strate calcaire disloquée, puis intacte.

Un pseudo-mycélium, attestant une teneur en calcaire élevée, est souvent bien visible.

• Caractéristiques chimiques

La teneur en calcaire total est élevée (de l'ordre de 25 % pour les rendzines en place).

Le pH oscille autour de 8.

Les teneurs en matière organique sont fortes (supérieures à 2 %); le rapport C/N indique une bonne minéralisation (valeur approchant 15).

La capacité d'échange est moyenne (24 me) et le taux de saturation élevé (80 %).

Les réserves en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> total sont bonnes (1,6 ‰).

• Localisation

Ces sols se rencontrent surtout sur les versants éocènes, au pied de ces versants et sur les plaines de glaciais qui les entourent : c'est dans le bassin de KOUNKOUZOUT qu'ils sont très fréquents surtout sur les glaciais (en effet, l'interfluve crétacé est absent et ne forme donc pas écran aux apports de l'Eocène). Sur les versants nous avons donc des rendzines sur matériau en place, dont l'aspect se rapproche des rendzines typiques. Sur les glaciais, ce sont des rendzines sur matériau remanié et transporté.

• Végétation -culture

Ces sols ne sont en général pas cultivés. On y rencontre souvent : *Balanites aegyptiaca*, *Acacia senegal laeta*, *Zizyphus jujuba*, *Acacia scorpioides arabica*, surtout sur les rendzines situées sur les glaciais.

b. Sols bruns calcaires bien drainés

• Description

Les sols sont assez profonds et ont souvent un profil bien développé. Mais sur certains limons d'épandage, le profil est mince, la roche-mère étant très vite atteinte; le litage (lits superposés de texture variable) est alors encore très visible en profondeur. Le profil offre des caractères de jeunesse qui se traduisent du reste dans les caractéristiques chimiques.

La couleur est claire, dans les tons bruns : 7,5 YR 5/4, 7,5 YR 4/4 et sensiblement uniforme sur tout le profil.

La texture variable suivant l'origine est en général limono-argilo-sableuse à argilo-sableuse, la proportion de limon étant souvent forte (supérieure à 30 %). La proportion de sable est inférieure à 50 %.

La structure est du type polyédrique anguleux moyen à grossier dans les horizons supérieurs des limons d'épandage, polyédrique fin sur éocène.

• Caractéristiques chimiques

Les teneurs en calcaire sont très variables mais souvent faibles. L'analyse au laboratoire infirme souvent le test sur le terrain où l'effervescence à l'acide était souvent vive. En fait, il semble que le calcaire soit surtout sous forme de grains visibles à l'oeil nu épars dans le profil et dont l'attaque par le jet de Hcl très net pouvait faire illusion sur les teneurs réelles en calcaire du profil.

Le pH oscille entre 7,6 et 8,2.

Les teneurs en matière organique sont bonnes à moyennes (teneurs oscillant autour de 1,2 % à part quelques exceptions); celles de l'azote comprises entre 0,60 et 1,49 ‰ sont moyennes, plutôt faibles. Les valeurs du rapport C/N sont faibles et oscillent autour de 8,0.

Les valeurs de la capacité d'échange sont variables (30 me en moyenne) : très fortes sur matériau éocène en place, plus faibles sur les matériaux transportés. Le taux de saturation est élevé (80 à 100 %).

L'analyse de l'argile aux rayons X indique la présence de montmorillonite et d'illite.

• Caractéristiques physiques

Les capacités de rétention sont fortes (25 % en moyenne).

Les perméabilités en place sont très variables (5 à 18 cm/h en surface).

Les indices d'instabilité structurales sont médiocres (souvent supérieurs à 1).

• Localisation

On rencontre ces sols sur matériau d'origine variable :

- matériau mixte issu des grès ferrugineux et de l'Eocène,
- matériau sur alluvions récentes des cours d'eau temporaires,
- matériau d'origine éocène,
- matériau colluvial indifférencié,
- matériau sur limon d'épandage.

En fait, très souvent, ils se localisent sur limons d'épandage récents à l'aval des plaines; aval du bassin de KORE, au confluent avec la vallée de la MAGGIA, aval du bassin d'AGOULOUM, confluent avec la vallée de SOKOLE.

• Végétation - culture

Les sols sur limons d'épandage sont cultivés en sorgho en hivernage et en maraîchage pendant la saison sèche. Les sols sur versant ne sont pas cultivés ou cultivés rarement en sorgho.

L'on trouve sur les pentes : *Bauhinia reticulata*, *Combretum micranthum*, *Anogeissus leiocarpus*.



• Description d'un profil caractéristique

Sol brun calcaire sur matériau d'origine éocène (123 KA).

0-15 cm : Argilo-sableux à structure polyédrique anguleuse fine assez bien développée calcaire 10 YR 5/2.

15-60 cm : Limono-argileux à structure polyédrique moyenne anguleuse bien développée - tendance aux plaquettes - 10 YR 6/2.

60-150 cm : Plaquettes d'argilite, sable, cailloux de grès ferrugineux et de calcaire répartis en lits horizontaux successifs.

Echantillons	R. 160	R. 161	R. 162	R. 163	
PROFONDEUR (cm)	0-15	15-30	30-60	60-100	
pH	8,2	8,0	8,0	8,1	
CALCAIRE	18,6	18,3	15,5	18,3	
GRANULOMETRIE (%)	Argile	17,9	9,0	15,2	26,5
	Limons fin	45,0	50,2	42,8	32,6
	Limons grossier	5,4	6,2	7,5	9,4
	Sable fin	20,8	25,4	23,8	18,1
	Sable grossier	10,9	9,2	10,6	13,5
MATIERE ORGANIQUE (%)	1,363				
AZOTE (‰)	0,98				
C/N	8,0				
BASES ECHANGEABLES (me/100 g)	Calcium	31,6			
	Magnésium	7,0			
	Potassium	0,64			
	Sodium	0,26			
	S	39,50			
	T	39,55			
S/T - V	99				

c. Sols bruns calcaires hydromorphes

Ce sous-groupe est caractérisé par des horizons A et B bien différenciés par la structure.

- Horizon A (0-20 cm) à structure polyédrique fine à grumeleuse.
- Horizon B (20-100 cm) de structure fondue avec une surstructure prismatique ou en colonnette induite par hydromorphie ; les prismes ou colonnes sont séparés par des fentes verticales (1 cm de large) se rejoignant en s'incurvant au sommet de l'horizon.
- Le niveau C, matériau sur lequel s'est formé le sol, est un matériau imperméable très argileux (débris d'argilite).

La couleur est brun gris très clair (10 YR 5/2), la texture limono-sableuse.

Le pH est élevé (8,0) mais la teneur en calcaire faible.

La capacité d'échange est très élevée (42 me) et le taux de saturation de l'ordre de 90 %.

Les réserves minérales sont bonnes (5,0 % de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> total).

La capacité de rétention est élevée (50 %; la perméabilité faible, liée à de mauvais indices d'instabilité structurale (supérieurs à 1).

Ces sols se localisent dans des fonds de vallons, entre les collines éocènes. Ils occupent de très faibles superficies. Ils sont cultivés en sorgho et font l'objet d'aménagements primitifs de défense et restauration des sols de la part des paysans (barrage de pierres sèches, coupant les vallons).

### Classe des sols steppiques

Ces sols sont caractérisés par une répartition homogène et par une teneur progressivement décroissante en matière organique nettement évoluée.

Les sols cartographiés font partie de la sous-classe des sols isohumiques à complexe saturé des régions tropicales, caractéristiques d'un pédo-climat chaud pendant la courte période humide et montrant une individualisation poussée des sesquioxides.

Outre ces caractères généraux, deux facteurs d'évolution peuvent influencer sur la caractérisation des sols de ces régions : la présence d'une roche-mère calcaire et une déficience dans le drainage.

Le seul sous-groupe étudié, qui est celui des sols bruns subarides tropicaux, se subdivise en trois sous-groupes :

- Sol brun subaride modaux,
- Sol brun-rouge subaride,
- Sol brun subaride tirsifié.

#### a. Sols bruns subarides modaux

##### • Description

La couleur brun à brun foncé (7,5 YR 4/4 du code Munsell) dans les horizons supérieurs (0 à 40 cm) devient plus sombre (brun-chocolat) en profondeur (10 YR 4/4). Elle est ocre si la roche mère est d'origine crétacée.

L'épaisseur du profil est parfois limitée, notamment dans la vallée de KOUNKOUZOUT par des horizons gravillonnaires de grès ferrugineux.

La texture est très variable suivant l'origine.

La structure est polyédrique moyenne anguleuse bien développée dans les horizons superficiels à polyédrique grossière en profondeur.

#### Caractéristiques chimiques

La teneur en matière organique est faible, ce qui est un caractère de la classe; elle est inférieure à 0,9 % et oscille même autour de 0,5 %. Les teneurs en azote sont également faibles (0,5 ‰) et la valeur du rapport C/N oscille autour de 6-7 indiquant une matière organique très minéralisée. Notons cependant que certains sols offrent des taux de matières organiques supérieurs à 1 %, donc élevés pour cette classe; nous avons indiqué ce caractère dans les séries dites "humifères".

La teneur en calcaire est variable et dépend du matériau originel. Sur les roches-mères calcaires dont la teneur en calcaire est actuellement très faible, le profil montre une légère accumulation en profondeur (effervescence à l'acide confirmée par l'analyse de laboratoire). Ce lessivage qui n'est pas assez important pour former des nodules, granules ou même un pseudo-mycélium calcaire, est cependant confirmé par la présence d'une pellicule calcaire autour des cailloux, gravillons ou graviers de grès ferrugineux qui limitent parfois ces profils. Il s'agirait bien d'un lessivage et non d'une individualisation du calcaire.

Le pH est neutre à légèrement acide (6,5 à 7).

La capacité d'échange est moyenne (17 me) et le taux de saturation voisin de 70 %.

Les teneurs en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> total, moins fortes que certains autres sols (vertisols, sols calcomagnésimorphes) sont cependant assez élevés (1,11 à 3,46 ‰). Les teneurs en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et K<sub>2</sub>O assimilables sont très moyennes (0,1 ‰ pour K<sub>2</sub>O, 0,04 à 1,10 ‰ pour P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>).

L'analyse aux rayons X indique la présence de montmorillonite, d'illite et surtout de kaolinite qui est prédominante.

#### Caractéristiques physiques

Les valeurs des capacités de rétention sont variables suivant la granulométrie du profil. Les perméabilités sont moyennes à fortes.

Les indices d'instabilité structurale indiquent en général une bonne stabilité.

• Localisation

Ces sols se forment sur matériau ancien de comblement de vallée dans l'axe des bassins et surtout dans les zones d'épandage.

- sur matériau issu des grès ferrugineux
- sur matériau colluvial indifférencié
- sur alluvions récentes
- sur matériau d'origine crétacée.

Ils sont fréquents dans les vallées de SOKOLE, AGOULOUM et KORE, mais occupent une superficie totale assez restreinte.

• Végétation - Utilisation actuelle

Lorsque le matériau est argilo-limoneux, sur matériau ancien de comblement de vallée ou sur alluvions récentes c'est le sorgho, le coton ou le manioc, qui sont cultivés; sur matériau plus sableux (matériau d'origine crétacée) c'est le mil.

Parfois l'on rencontre *Maerya crassifolia*, *Acacia senegal laeta*, *Zizyphus jujuba* ...

• Description d'un profil caractéristique

Sol brun sur matériau ancien de comblement de vallée (179 S)

- 0-3 cm : Surface litée, argilo-limoneuse, brun claire, d'origine probablement culturale.
- 3-50 cm : Horizon limono-argileux à structure polyédrique large bien développée, anguleuse, petite vers le haut, moyenne à grossière vers le bas, nombreuses racines de 3 à 20 cm. 10 YR 4/4, débris de charbon de bois vers 40-50 cm avec débris de calcaire.
- 50-120 cm : Argilo-limoneux, structure polyédrique mais tendance aux plaquettes surtout vers le bas, quelques slickensides 10 YR 4/4 à 7,5 YR 4/4.

Echantillons		R.9	R.10	R.11	R.12
PROFONDEUR (cm)		3-20	20-50	50-60	60-110
pH		7,1	7,1	7,5	7,6
CALCAIRE		0	0	3,2	3,2
GRANULOMETRIE (%)	Argile	21,7	22,9	34,9	33,3
	Limon fin	17,8	22,9	27,1	25,6
	Limon grossier	8,4	10,6	9,4	8,2
	Sable fin	36,2	32,9	23,0	26,4
	Sable grossier	16,0	10,7	5,5	6,4
MATIERE ORGANIQUE (%)		0,718			
AZOTE (‰)		0,56			
C/N		7,4			
BASES ECHANGEABLES (me/100 g)	Calcium	14,80	17,35		
	Magnésium	2,6	2,8		
	Potassium	0,24	0,15		
	Sodium	0,56	0,54		
	S	18,20	20,84		
	T	18,25	20,86		
S/T - V		99	99		

b. Au niveau Faciès

On distingue les sols bruns à concrétions, les sols bruns évoluant vers les sols brun-rouge, les sols bruns à hydromorphie de profondeur.

• Description

- Faciès évoluant vers les sols brun-rouge

Cette classification est très subjective car c'est un problème fondamental qui se pose : ces sols qui semblent avoir quelques caractères des sols brun-rouge ne sont-ils pas en réalité des sols bruns sur matériau rouge ? ce matériau semble avoir des caractères héritiers d'un sol ferrugineux formé antérieurement sous un paléo-climat.

L'étude effectuée ici est trop brève pour pouvoir répondre à cette question. Cependant, nous avons estimé que les indices suivants nous permettraient d'adopter ce titre :

- coloration rougeâtre apparaissant en profondeur (7,5 YR 4/4 en surface à 10 YR 4/4 en profondeur),
- tendance structurale à la forme polyédrique, subanguleuse, parfois nuciforme,
- parfois migration d'argile, et apparition de taches rouille indiquant une individualisation des sesquioxides de fer.

Ces sols occupent de très faibles superficies.

- Faciès à hydromorphie de profondeur

Ce faciès se distingue surtout par l'apparition de taches rouille à des profondeurs variables, des arborescences noirâtres le long des racines indiquant une matière organique non décomposée par suite de conditions asphyxiques, des taches noirâtres (mélange probable d'oxydes de fer, de manganèse). Parfois ces taches noirâtres sont entourées d'un liseré rougeâtre et sont accompagnées de concrétions noires friables.

Ce faciès forme transition avec les sols bruns à concrétions ou les sols bruns tirsifiés.

- Faciès à concrétions

Ces sols se forment surtout à l'amont de verrous constitués par des éperons gréseux et argileux du Crétacé qui en se rejoignant barrent un kori ou la vallée. Cette situation crée des conditions d'hydromorphie par suite d'un drainage déficient; en effet les éperons, argileux à la base, forment barrage.

Ces sols ont pour roche-mère un matériau issu essentiellement des grès fins et des argilites crétacés et l'on retrouve parfois la roche crétacée en place dans le bas du profil.

Le caractère essentiel est la présence de taches noirâtres indurées ou non dans les horizons supérieurs, indurées en profondeur. Ces taches passent souvent en profondeur à des concrétions noires, de la taille d'une tête d'épingle mais pouvant atteindre celle d'un granule.

Ces concrétions sont souvent accompagnées d'arborescences noires, de taches rouille, de taches diffuses grisâtres et ocre intriquées les unes dans les autres.

Parfois la structure est feuilletée en surface sur 5 cm d'épaisseur.

En fait, ces sols se rapprochent des sols bruns hydromorphes dont seule les sépare la présence de concrétions indurées. Il est probable que c'est le même phénomène (déficiência dans le drainage, d'où conditions d'hydromorphie) qui a provoqué la formation des deux faciès.

- Localisation

Ils sont très fréquents à l'amont de la vallée de KORE.

- Végétation - Utilisation

Généralement cultivés en mil, ils portent *Bauhinia reticulata*, *Anogeissus leiocarpus*.

c. Sols brun-rouge subarides

- Description des sols brun-rouge

Théoriquement, ce groupe est caractérisé par une individualisation poussée des oxydes de fer qui donnerait à ces sols leur couleur rouge.

Cependant, comme nous l'avons dit précédemment, l'évolution actuelle vers les sols brun-rouge n'est pas facile à mettre en évidence. Il est certain que l'on a classé parmi les sols brun-rouge des sols bruns sur matériau rouge : l'erreur est souvent difficile à éviter, d'autant plus que la plupart des roches-mères proviennent du Continental Terminal, lui-même de couleur rougeâtre.

Cependant il ne faut pas trop tenir compte de cette dernière remarque car il semble que les matériaux transportés perdent plus ou moins leur couleur originelle pour prendre une teinte neutre : par exemple, les matériaux rouges, s'ils subissent un transport, deviennent ocre. D'autre part, certains indices, autres que la couleur, peuvent faire admettre une certaine évolution vers ce type de sol : la présence de taches rouille parfois une certaine mobilisation de l'argile sous forme de petits feuillets, de minuscules plaquettes et surtout la structure qui est fréquemment du type nuciforme, instable dans les horizons supérieurs.

En résumé, ces sols sont caractérisés par :

- une couleur rougeâtre, très variable, oscillant du brun-rouge des 2,5 YR 4/6, 4/8, au brun-jaune des 5 YR 5/6, 5/8 du code Munsell. Très rarement, l'horizon supérieur, plus foncé, montre la steppisation classique; cette absence semble due à la pauvreté de ces sols en matière organique et surtout au fait que les horizons supérieurs sont érodés.

- une épaisseur de terre arable souvent faible (importance des séries minces et érodées très minces) limitée par des cailloux du Continental ou des lits de graviers et gravillons issus des grès ferrugineux. Dans la vallée de KOUNKOUZOUT c'est ce dernier cas qui est très fréquent. Notons que très souvent l'horizon de surface (0-5-10 cm) est ocre et semble décoloré; cela serait dû à un entraînement latéral des éléments fins, et oxydes de fer ou à une réhydratation de ces oxydes en surface.
- une texture variable suivant l'origine. Les analyses granulométriques montrent parfois une légère augmentation de l'argile en profondeur.
- une structure polyédrique subanguleuse moyenne à nuciforme parfois mais rarement polyédrique moyenne anguleuse et dont la stabilité dépend de la nature de la roche-mère.

#### Caractéristiques chimiques

Le pH est variable mais en général inférieur à 7 et souvent même franchement acide. Quelques profils montrent une légère accumulation du calcaire en profondeur.

Les teneurs en matière organique sont faibles et oscillent autour de 0,5 %. Les teneurs en azote faibles varient de 0,3 à 0,9 ‰ (moyenne 0,6 ‰). Le rapport C/N est faible (moyenne autour de 5), faiblesse due aux faibles teneurs en carbone plutôt qu'à la faiblesse relative en azote.

La capacité d'échange est faible (11 me en moyenne) et souvent le taux de saturation n'atteint pas 65 %. Ces sols sont caractérisés par une faible teneur en Ca échangeable.

Les teneurs en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> total sont moyennes à bonnes (1,33 à 7,66 ‰). Les teneurs en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et K<sub>2</sub>O assimilables sont faibles et sont insuffisantes pour P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (respectivement 0,02 à 0,04 ‰, et 0,06 à 0,23 ‰).

Les analyses de fer libre et fer total ne montrent pas d'accumulation privilégiée du fer. Le rapport fer libre sur fer total oscille de 11 à 61 (moyenne 20).

L'analyse aux rayons X indique très peu ou pas de montmorillonite, beaucoup de kaolinite ainsi que des hydroxydes de fer.

#### Caractéristiques physiques

Les capacités de rétention sont faibles. Les perméabilités sont fortes en général. Les indices d'instabilité structurale inférieurs à 1 indiquent une bonne stabilité.



• Localisation

Ces sols sont très fréquents dans les vallées de KAORA et KOUNKOUZOUT. Ils se rencontrent sur des matériaux divers :

- sur matériau issu des grès ferrugineux de l'ADER DOUTCHI,
- sur matériau ancien de comblement de vallée,
- sur matériau issu des grès fins du Crétacé,
- sur matériau éolien (dunes fossiles),

et se localisent dans des endroits très variés : fond de vallée, versant, replats sur l'interfluve du Continental.

• Végétation - Utilisation

La plupart de ces sols sont cultivés en mil, rarement en sorgho, parfois en mil et sorgho. Les rendements ne semblent pas bons. Ils portent :

Maerua crassifolia,  
 Boscia senegalensis,  
 Balanites aegyptiaca,  
 Zizyphus jujuba,  
 Combretum micranthum,  
 Acacia senegal laeta,  
 Acacia scorpioïdes arabica,  
 Prosopis africana,  
 Crewia villons,  
 Entada africana,  
 Bauhinia reticulata.

• Description d'un profil caractéristique

Sol brun-rouge sur matériau ancien de comblement de vallée (242 KO).

0-5 cm : Horizon sablo-argileux jaune-rouge à structure nuciforme à polyédrique subanguleuse.

Horizon limono-argileux à structure polyédrique grossière anguleuse bien développée, quelques petites concrétions noires vers 70 cm, quelques taches rouges et plaquettes d'argile vers 50-100 cm - Porosité bonne - 5 YR 4/8.

100 cm : Gravillons de grès ferrugineux.

Echantillons		R.101	R.102	R.103	R.104
PROFONDEUR (cm)		0-5	10-25	25-50	50-100
pH		5,4	5,4	6,0	6,4
GRANULOMETRIE (%)	Argile	8,6	25,6	35,5	36,7
	Limons fins	8,1	11,0	19,2	17,9
	Limons grossiers	5,8	7,7	8,6	7,6
	Sable fin	52,4	32,2	22,2	22,1
	Sable grossier	25,0	23,6	14,6	15,7
MATIERE ORGANIQUE (%)		0,389			
AZOTE (‰)		0,520			
C/N		4,3			
BASES ECHANGEABLES (me/100 g)	Calcium	2,2	4,2		
	Magnésium	1,2	2,8		
	Potassium	0,18	0,1		
	Sodium	0,19	0,17		
	S	3,77	7,27		
	T	7,82	13,91		
	S/T - V	48,00	52,00		

Ici encore au niveau faciès nous distinguerons les sols brun-rouge à concrétions.

- Faciès à concrétions

La seule différence est que dans les profils apparaissent de petites concrétions noires associées souvent à des taches rouille. Parfois les concrétions sont rouges.

Ces concrétions sont probablement dues à un engorgement en saison humide, individualisation et migration des oxydes de fer, et immobilisation et ségrégation en saison sèche (les horizons à concrétions contiennent plus de fer libre que les horizons sus-jacents).

d. Sols bruns à caractère vertisolique (tirsifiés)

• Description

Ces sols sont à rapprocher des vertisols vers lesquels ils forment transition et dont les caractéristiques essentielles les rapprochent.

- Couleur foncée par rapport à la matière organique : brun-foncé, brun-chocolat (10 YR 3/4, 10 YR 3/3, 10 YR 3/2 du code Munsell).
- Une texture fine où la proportion d'éléments fins est supérieure à 50 % en général.

- Une structure polyédrique moyenne anguleuse bien développée dans les premiers centimètres passant en profondeur à une forme polyédrique grossière, puis aux plaquettes avec plans de glissement polies et rayées (slickensides). Les plans de glissement peuvent d'ailleurs apparaître dans une structure polyédrique, l'horizon à plaquettes étant absent.
- Une forte compacité dans le profil, tout au moins dans la partie inférieure. La porosité est faible.
- La présence de fentes verticales dans certains profils.

#### • Caractéristiques chimiques

Le pH est variable : neutre à acide pour les terres dépourvues de calcaire; il est basique (7,5 à 8) dans les terres légèrement calcaires.

Les teneurs en matière organique sont variables (0,5 à 2,3 % moyenne de 1,7). Les valeurs de l'azote s'échelonnent de 0,5 à 1,3 ‰ (moyenne 1 ‰) et sont donc bonnes. Les valeurs du rapport C/N oscillent autour de 7 (faible valeur due aux faibles teneurs en C ou dans certains cas à une forte évolution de la matière organique).

La capacité d'échange a une valeur moyenne de 23 le taux de saturation est variable mais souvent très élevé (60 à 90%).

Les valeurs de  $P_2O_5$  total sont bonnes (1,8 à 8 ‰).  
Les teneurs en  $P_2O_5$  et  $K_2O$  assimilables sont moyennes.

#### • Caractéristiques physiques

Les valeurs des capacités de rétention sont bonnes (25 % en moyenne).

Les perméabilités sont faibles. Les indices d'instabilité indiquent une bonne stabilité structurale.

#### • Localisation

Ces sols se localisent évidemment dans les zones mal drainées (fonds de vallée ou sur replat de terrasse). Ils se forment :

- sur matériau ancien de comblement de vallée
- sur alluvions de cours d'eau temporaires
- sur matériel d'origine Eocène.

Ils se répartissent également dans les cinq vallées.

#### • Végétation - Utilisation

Ils sont cultivés généralement en sorgho, parfois en sorgho et mil, manioc.

La végétation naturelle n'existe pratiquement plus. L'on trouve encore : *Bauhinia reticulata*.

• Description d'un profil caractéristique

Sol brun tirsifié sur matériau ancien de comblement de vallée  
(135 S)

- 0-27 cm : Argilo-sableux-brun - structure polyédrique fine subanguleuse bien développée, meuble, nombreuses racines, quelques cailloux, de grès ferrugineux.
- 27-90 cm : Limono-argilo-sableux - couleur non homogène, grise, brun-noirâtre, nombreuses taches bleu-noir vers le sommet et oolithes ferrugineuses vers le bas où les taches noires moins nombreuses forment des concrétions. Structure en plaquettes moyennes, faces polies et rayées, radicales localisées (aplaties) entre les plaquettes. Vers 50-60 petits points blancs (calcaire, fentes verticales de 0,5 cm de large entre 28 et 90 cm, faces lisses plus noires que l'intérieur (brun) - Vers le bas structure plus grossière, parallélipipédique couleur plus brune et pseudomycélium calcaire.
- 90-120 cm : Autre sol brun, structure polyédrique anguleuse moyenne bien développée, quelques cailloutis de grès ferrugineux vers 90 cm.

Echantillons		R. 29	R. 30	R. 31	R. 32
PROFONDEUR (cm)		0-15	27-44	45-70	90-120
pH		5,7	5,4	5,5	5,6
GRANULOMETRIE (%)	Argile	22,4	22,6	21,3	22,7
	Limon fin	11,3	12,0	13,3	11,1
	Limon grossier	6,8	7,7	7,3	5,9
	Sable fin	39,5	39,3	39,9	40,5
	Sable grossier	20,0	18,4	18,2	19,8
MATIERE ORGANIQUE (%)		0,456			
AZOTE (‰)		0,460			
C/N		5,7			
BASES ECHANGEABLES (me/100 g)	Calcium	5,8			
	Magnésium	3,2			
	Potassium	0,32			
	Sodium	0,76			
	S	10,08			
	T	17,82			
S/T - V		56,00			

### Associations de sols

Dans certaines de versants, l'intrication des différents types de sol est telle et leur variété si grande sur des surfaces restreintes qu'il aurait fallu une étude au 1/2000 ou 1/5000 pour délimiter chaque type de sol.

Aussi, de nombreux sondages nous ayant donné les renseignements nécessaires, nous avons regroupé les sols les plus fréquemment rencontrés dans ces zones en associations dont les différents termes ont été définis précédemment.

- Association rendzines, sols bruns calcaires, tirsifiés, sols lithiques, sols peu évolués, qui correspond à la partie calcaire de l'interfluve éocène.
- Association Vertisols lithomorphes et sols régosoliques sur l'interfluve schisto-calcaire de l'Eocène.
- Association sols brun-rouge, modaux minces ou squelettiques, sols peu évolués, sols régosoliques sur éboulis de cuirasse ferrugineuse, sur matériau issu des grès ferrugineux.  
Cette famille correspond à l'interfluve du Continental Terminal.
- Association sols brun-rouge, ferrugineux tropicaux, sols régosoliques qui se situe sur le plateau du Continental Terminal.
- Association sols lithiques, vertisols lithomorphes sur matériau crétacé.

oOo

## C H A P I T R E    I V

### C A R A C T E R I S T I Q U E S   C H I M I Q U E S

#### LA MATIÈRE ORGANIQUE, L'AZOTE, RAPPORT C/N

Nous avons regroupé dans le tableau I les résultats analytiques concernant ces données, par type de sol et par matériau originel. Nous résumons les constatations faites dans le chapitre précédent.

- La matière organique est en général très minéralisée (C/N 10), ce qui s'explique par la nature du climat à saison sèche et chaude très longue.
- Les sols peu évolués sont pauvres en matière organique, principalement les sols sur sable éolien. Les taux d'azote sont faibles à moyens. Les faibles valeurs du rapport C/N qui varient de 3,5 à 8,5 sont dues à la pauvreté en matière organique. Les sols peu évolués sur roche mère d'origine éocène constituent un cas particulier.
- Les sols brun-rouge et les sols bruns ont des teneurs en matière organique inférieures à 1. Les teneurs en azote sont variables : de faible à moyenne. Les rapports C/N sont faibles. Parfois, quelques sols bruns semblent être mieux pourvus en matière organique : nous avons indiqué ce caractère en série (série humifère).
- Les sols bruns tirsifiés, les sols bruns calcaires, rendzines initiales et bruns calcaires hydromorphes sont mieux pourvus en matière organique dont la teneur atteint 1,3 à 1,4 %. Les teneurs en azote étant également plus élevées, les rapports C/N restent autour de 9, valeur qui indique une nette minéralisation de la matière organique.
- Les vertisols, paravertisols, mis à part les sols sur argilite, ont des teneurs élevées en matière organique. Les teneurs en azote sont moyennes à élevées et le rapport C/N indique une minéralisation très nette de la matière organique.

Certains vertisols ont un rapport C/N élevé pouvant atteindre 19 (386 S par exemple). Leur emplacement sur de vieilles terres de cultures où l'apport de matière organique fraîche est constant (chaumes de sorgho par exemple) explique ce phénomène. Parfois aussi, le rapport C/N augmente avec la profondeur : la matière organique est plus minéralisée dans l'horizon de surface qu'en profondeur par suite de la présence d'un milieu plus aéré, plus oxydant en surface.

MATIÈRE ORGANIQUE ET AZOTE  
DANS L'HORIZON DE SURFACE (0-15 cm)

TABLEAU I

Types de sols	Matériaux originels	Matière organique (%)		Azote total (%)		Rapports C/N - moyenne
		Extrêmes	Moyenne	Extrêmes	Moyenne	
Sols peu évolués	Sur sable éolien dunaire	0,262 0,329	0,295	0,28 1,01	0,65	3,5
	Sur matériau issu du Crétacé		0,449		0,53	4,9
	Sur grès ferrugineux	0,517 0,651	0,564	0,35 0,42	0,38	8,5
	Sur matériau d'origine éocène		1,873		0,66	16,4
	Matériau colluvial, alluvions de cours d'eau temporaires, limons d'épandage.	0,329 0,974	0,640	0,38 0,91	0,56	6,8
Sols brun-rouge	Sur matériau issu des grès ferrugineux de l'ADER DOUTCHI	0,194 1,565	0,822	0,35 0,94	0,62	7,6
	Sur matériau ancien de comblement de vallée	0,389 0,846	0,689	0,52 0,70	0,58	9,5
	Sur sable dunaire		0,389		0,46	4,9
Sols bruns	Matériau ancien de comblement de vallée, alluvions de cours d'eau temporaire	0,353 0,906	0,563	0,35 0,56	0,50	6,5
Sols bruns tirsifiés	Matériau ancien de comblement de vallée	0,456 2,263	1,330	0,46 1,26	0,84	9,2
Sols calcomagnésimorphes		0,980 2,196	1,462	0,60 1,49	0,91	9,4
Vertisols lithomorphes	Sur schistes éocènes		2,201		1,40	9,2
	Sur schistes calcaire et argilite	1,175 2,303	1,634	0,35 1,23	0,84	12,0
	Sur argilite		0,939		0,86	6,2
Vertisols topomorphes	Matériau ancien de comblement de vallée		1,920		1,54	7,2

## LE pH

Les valeurs sont très variables suivant le type de sol et le matériau originel (voir tableau n° II). Cependant, en règle générale, les vertisols et les sols calcomagnésimorphes ont des réactions basiques (7,5 à 8,2), les sols brun-rouge des réactions plutôt acides (de 5,5 à 7), les sols bruns sont neutres.

Les pH varient peu avec la profondeur et aucun lien ne se dégage de quelques observations statistiques.

En fait, il semble que le pH soit lié au taux de saturation du complexe absorbant : nous avons représenté dans la figure 5 la courbe du taux de saturation (V) en fonction du pH.

Mais le pH est lié également à d'autres facteurs (teneur en calcaire total) qui interfèrent entre eux si bien qu'il est assez difficile de trouver des relations simples liant le pH à un caractère chimique ou physique.

## LE COMPLEXE ABSORBANT

Il définit la fertilité potentielle d'un sol : par la capacité d'échange d'une part, par le taux de saturation et, enfin, par la nature et les rapports entre eux des différents cations qui le constituent.

### a. La capacité d'échange (valeur T)

Les valeurs de la capacité d'échange sont liées aux teneurs en éléments fins et à la nature de l'argile. Nous avons donc représenté les valeurs de T en fonction du pourcentage d'argile, suivant les différents types de sols et les différents matériaux originels (figures 6 et 7).

On constate que T est une fonction parabolique des teneurs en argile la nature de la parabole étant différente pour les matériaux à forte altération physico-chimique ou à faible altération :

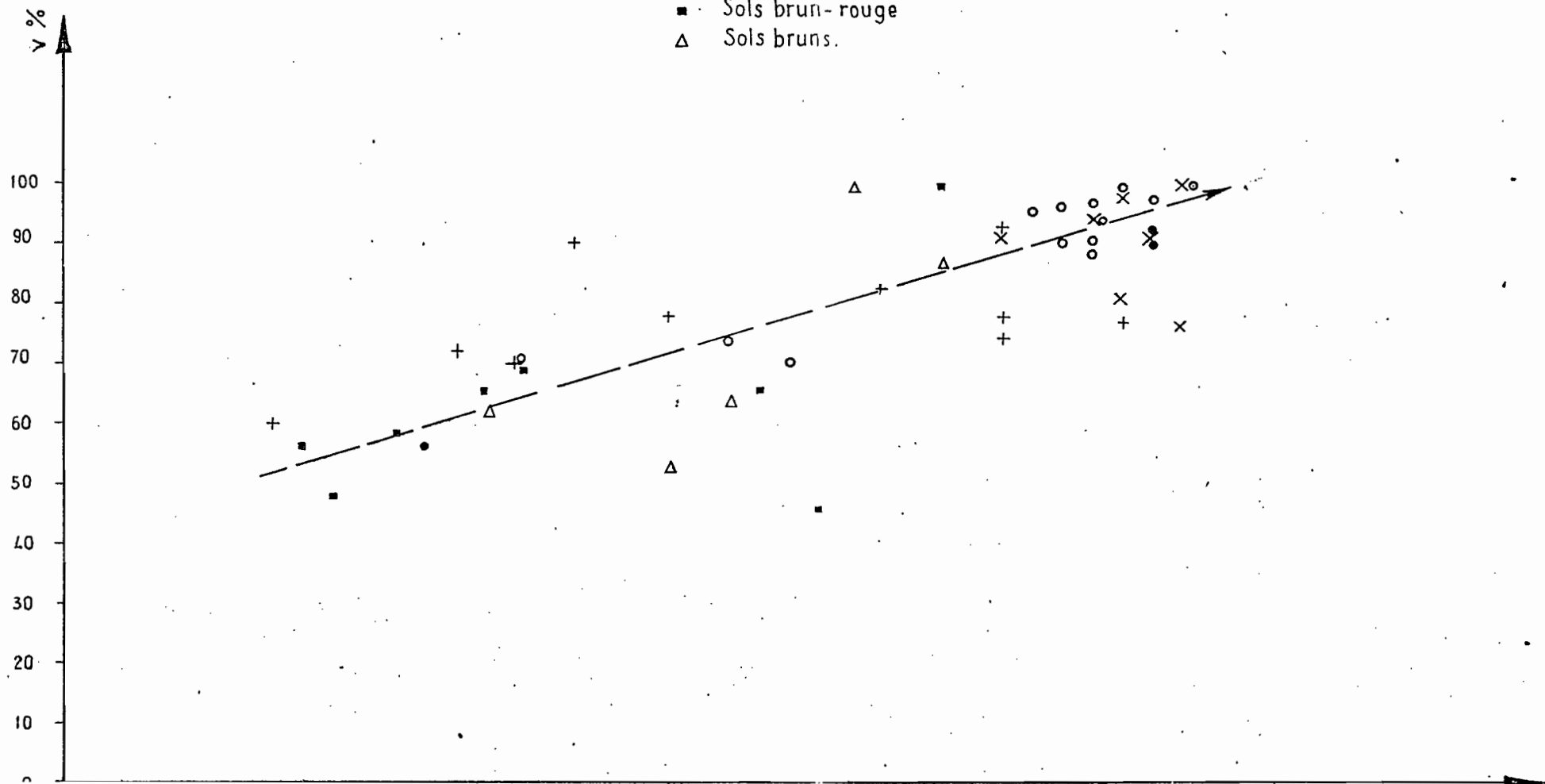
- les sols sur roche-mère d'origine schisteuse ou crétacée (argilite) par conséquent à faible altération physico-chimique et à dominance de matériau argileux du type montmorillonite - vertisols et certains sols calcomagnésimorphes - ont une forte capacité d'échange et se situent dans le haut de la courbe 1 (30 à 70 me et plus) ; il faut noter la forte capacité des sols sur matériau schisteux.



# RELATION TAUX DE SATURATION-pH

## LEGENDE

- Vertisols lithomorphes.
- × Sols calcomagnésimorphes.
- + Sols peu évolués d'apport.
- Sols bruns tirsifiés.
- Sols brun-rouge
- △ Sols bruns.



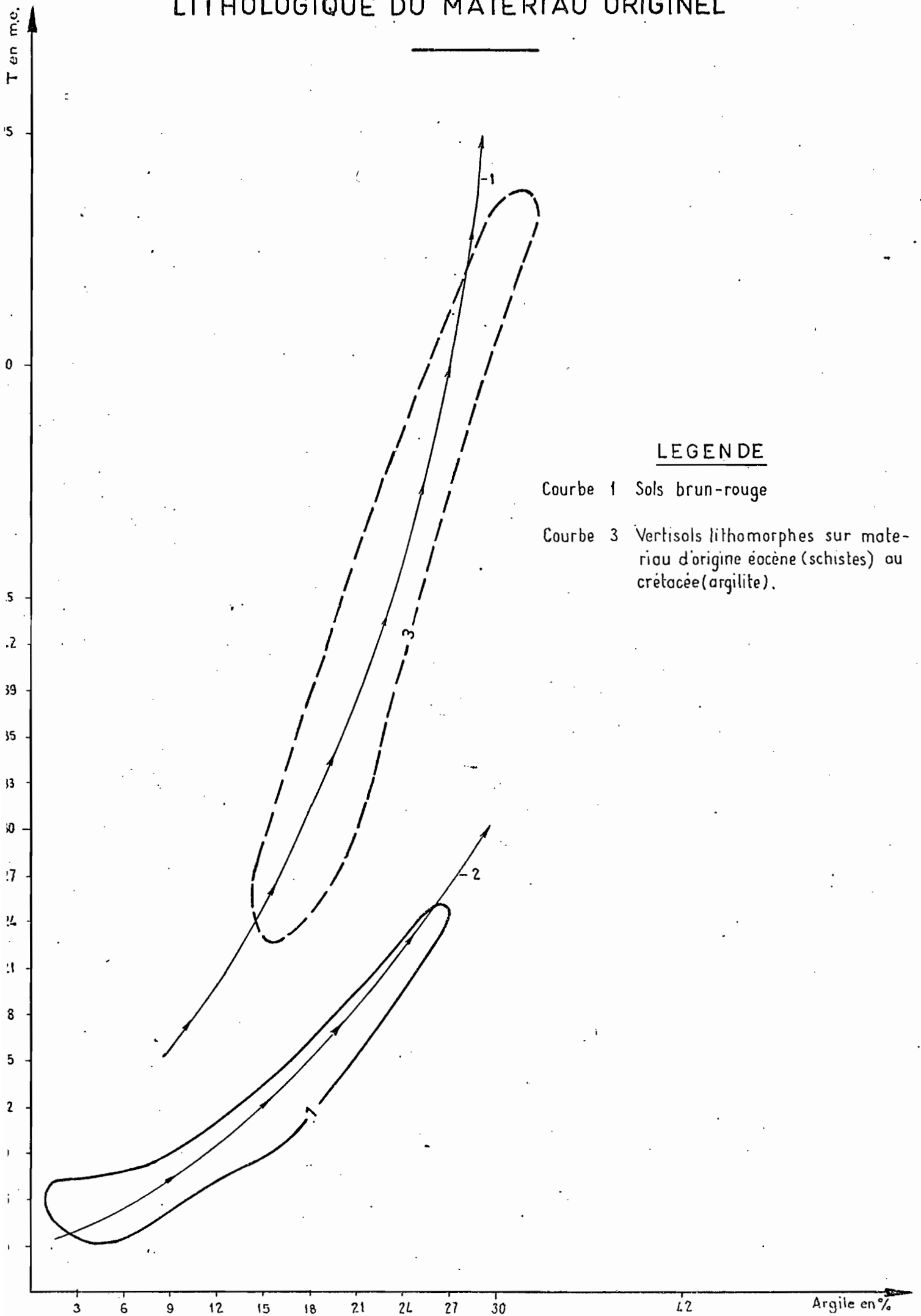
## pH DANS LES HORIZONS DE SURFACE ET DE PROFONDEUR

TABLEAU II

Types de sols	Matériaux originels	Horizon de surface 0-15 cm		Horizon de profondeur 50-100 cm	
		Extrêmes	Moyenne	Extrêmes	Moyenne
Sols peu évolués	Sur sable éolien dunaire		6,0		6,3
	Sur matériau issu du Crétacé		6,5		4,8
	Sur grès ferrugineux		6,3		6,1
	Sur matériau d'origine éocène		7,6		8,0
	Sur matériau colluvial, alluvions de cours d'eau temporaire, limon d'épandage	6,2 8,0	7,6	6,1 7,9	7,5
Sols brun rouge	Sur matériau issu des grès ferrugineux de l'ADER DOUTCHI	5,6 7,7	6,6	5,5 7,8	6,9
	Sur matériau ancien de comblement de vallée		6,1		6,8
	Sur sable dunaire		6,8		7,1
Sols bruns	Matériau ancien de comblement de vallée	5,9 7,4	6,7	6,1 7,7	7,0
Sols bruns tirsifiés	Matériau ancien de comblement de vallée	5,7 8,1	7,4	5,6 7,9	7,3
Sols calcomagnésimorphes		7,6 8,2	8,0	7,7 8,1	7,9
Vertisols lithomorphes	Sur schistes éocènes		7,9		7,9
	Sur schiste, calcaire et argilite	8,2 6,7			
	Sur argilite		7,9		7,9
Vertisols topomorphes	Matériau ancien de comblement de vallée		7,8		7,8

# RELATION CAPACITE D'ECHANGE - NATURE LITHOLOGIQUE DU MATERIAU ORIGINEL

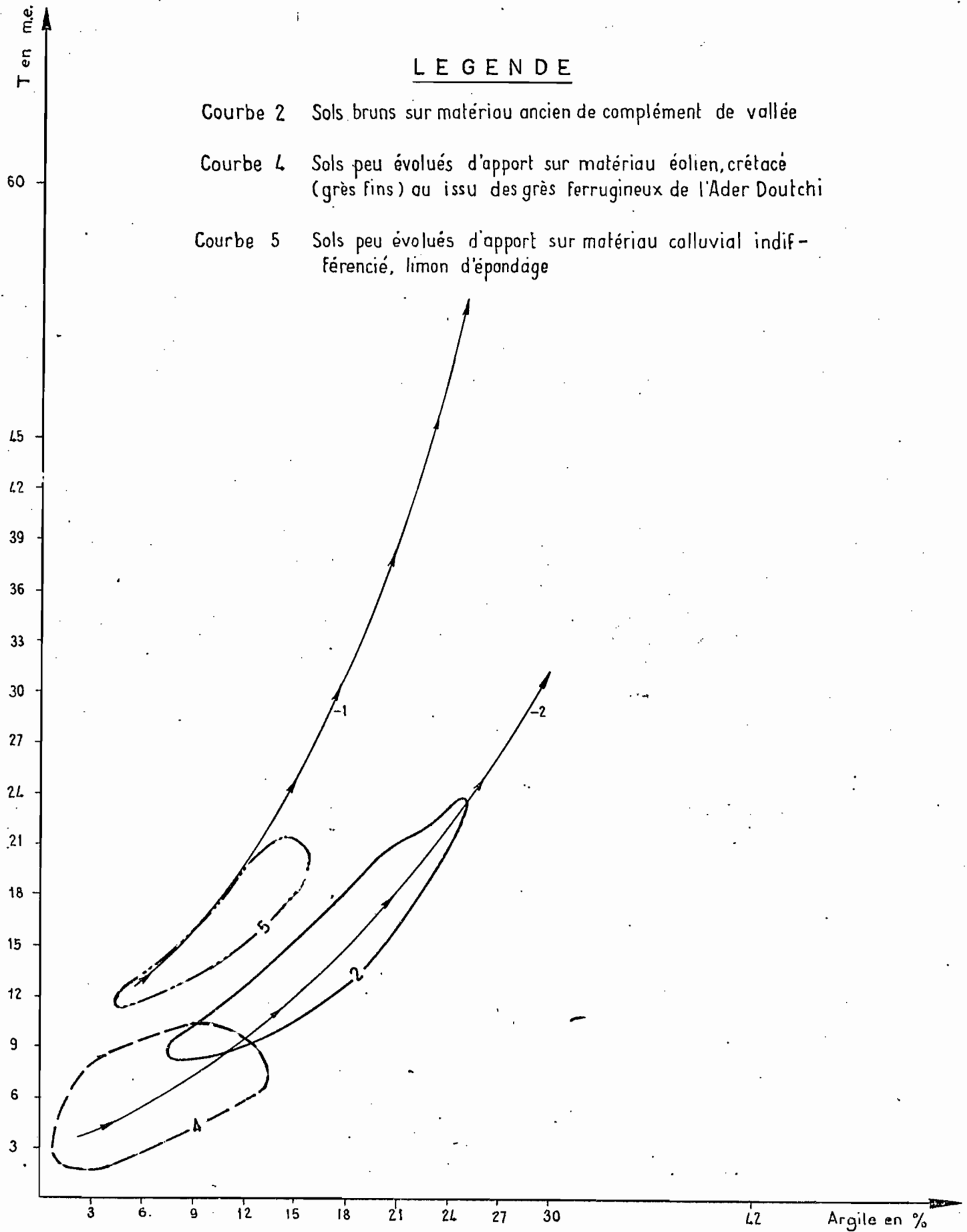
Figure 6



## RELATION CAPACITE D'ECHANGE - NATURE LITHOLOGIQUE DU MATERIAU ORIGINEL

### LEGENDE

- Courbe 2 Sols bruns sur matériau ancien de complément de vallée
- Courbe 4 Sols peu évolués d'apport sur matériau éolien, crétacé (grès fins) au issu des grès ferrugineux de l'Ader Doutchi
- Courbe 5 Sols peu évolués d'apport sur matériau colluvial indifférencié, limon d'épandage



- les sols issus des grès ferrugineux de l'ADER DOUTCHI (sols brun-rouge) à forte altération physico-chimique et à dominance de matériau argileux du type kaolinite, ont des capacités d'échange faibles (3 à 20 me) et se situent sur la courbe 2.
- les sols sur matériau ancien de comblement de vallée (sols bruns, bruns tirsifiés) se situent sur la courbe 2 tout en ayant des capacités d'échange plus fortes (9 à 20 me).
- les sols peu évolués d'origines diverses ont des capacités d'échange très variables : les sols peu évolués sur matériau éolien ou issu des grès fins du Crétacé ou des grès ferrugineux sont à forte altération physico-chimique, à dominance de matériau argileux du type kaolinite et se situent autour de la courbe 2.

Les sols sur matériau d'origine éocène, ou sur limons d'épandage se situent autour de la courbe 1 (faible altération physico-chimique et dominance de montmorillonite) et ont des capacités d'échange nettement plus élevées (6 à 20 me). Notons que nous n'avons pas tracé les courbes pour les sols bruns tirsifiés et les sols calcomagnésimorphes, car dans ces deux cas la dispersion est trop grande.

b. Somme des bases échangeables (valeur S), Taux de saturation (valeur V)

La richesse d'un sol dépend de la capacité totale d'échange (valeur T) et de son taux de saturation qui indiquent une potentialité de fertilité (valeur V) ou aussi de la somme des bases échangeables (valeur S) et du taux de saturation qui donnent des indications sur la fertilité actuelle (S) et potentielle (V).

Nous avons récapitulé dans le tableau III en regard des divers types de sol et matériaux originels les moyennes de T et V et donné une appréciation sur la fertilité potentielle et actuelle des divers types de sol.

Nous considérons que les complexes sont saturés lorsque les taux atteignent 90 à 95 %, ceci à l'erreur d'analyse près. En général, les taux de saturation dépassent 70 %. Les vertisols, sols calcomagnésimorphes et sols peu évolués sur matériau d'origine éocène sont pratiquement saturés, par contre, les sols brun-rouge sont partiellement désaturés (60 à 65 %).

c. Rapports cationiques

Les réactions du sol, pour une fertilité potentielle donnée, soit pour des valeurs S, T et F fixées, dépendant des rapports des différents cations entre eux.

• Rapport calcium/magnésium/potassium

Suivant B. DABIN, l'équilibre des bases généralement considéré comme favorable est :

$$\text{Ca/Mg/K} = 20/10/1$$

Dans le tableau récapitulatif V de la fertilité du sol, nous constatons que ces rapports sont toujours déséquilibrés, la teneur en Ca étant généralement trop forte par rapport aux teneurs en K et Mg.

Généralement, pour les sols peu évolués sur matériau éolien ou d'origine crétacée, sols brun-rouge sur grès ferrugineux ou sur sable dunaire, il y a déséquilibre des teneurs en Ca et Mg, trop faibles par rapport aux teneurs en K, le rapport Ca/Mg étant correct. Pour les sols bruns tirsifiés, calcomagnésimorphes et vertisols, il y a déséquilibre des teneurs en Mg (trop faible) et Ca (trop élevé) par rapport aux teneurs en K.

• Rapport Mg/K

Toujours suivant B. DABIN, un rapport Mg/K inférieur à 3 indique une carence en Mg, alors qu'un rapport supérieur à 25 est l'indice d'une carence en K.

Les rapports s'échelonnent (tableau V) de 4 (vertisols topomorphes) à 17 (vertisols lithomorphes sur argilite) aucune carence ne semble se manifester dans ce domaine.

• Pourcentage des différents cations suivant les types de sols (Tableau IV)

- Calcium

Il constitue plus de 60 % de la somme des bases échangeables. Sur matériau colluvial, alluvions récentes, sur matériau d'origine éocène (schistes et calcaire) ou crétacée (argilite), il constitue plus de 80 % de S.

- Magnésium

La proportion varie de 10 % (schistes éocène) à 35 % (sable éolien).

- Potassium

Cet élément n'intervient que très peu : 1 % (matériau issu des argilites crétacés) à 7 % (sols sur matériel sableux dunaire).

VALEURS DE T ET V  
DANS LES HORIZONS DE SURFACE ET DE PROFONDEUR

TABLEAU III

Types de sols	Matériaux originels	Horizon de surface				Horizon de profondeur		Appréciation sur les horizons de surface
		T		V		T	V	
		Extrêmes	Moyenne	Extrêmes	Moyenne	Moyenne	Moyenne	
Sols peu évolués	Sur sable éolien		5,2		70	13	71	Faible capacité, taux de saturation moyen
	Sur matériau issu du Crétacé		5,2		78	11	44	Faible capacité, taux de saturation moyen
	Sur grès ferrugineux		11,0		69	13	58	Capacité moyenne, taux de saturation moyen
	Sur matériau colluvial, alluvions de cours d'eau temporaires et limons d'épandage	14-20	16,0	74-90	81	14	76	Capacité moyenne, taux de saturation élevé
	Sur matériau d'origine éocène		24,0		92	26	89	Capacité élevée, complexe saturé
Sols brun-rouge	Sur grès ferrugineux	5-14	9,0	45-65	60	8	66	Capacité faible, taux de saturation moyen
	Sur matériau ancien de comblement de vallée		16,0		64	14	52	Capacité moyenne, complexe désaturé
	Sur sable dunaire		7,0		65	10	63	Capacité très faible, taux de saturation moyen
Sols bruns	Matériau ancien de comblement de vallée	9-23	17,0	52-99	72	19	82	Capacité moyenne à élevée, taux de saturation moyen
Sols bruns tirsifiés			23,0		79	30	84	Capacité élevée, taux de saturation élevé
Sols calcomagnésimorphes		21-60	33,0	76-99	90	33	89	Capacité très élevée, taux de saturation très élevé
Vertisols lithomorphes	Sur schistes éocènes		58,0		93	61	92	Capacité très élevée et saturé
	Sur schistes et argilite	15-39	27,0	70-100	89	35	90	Capacités élevées et pratiquement saturées
	Sur argilite		33,0		94	30	99	Capacités élevées et pratiquement saturées
Vertisols topomorphes	Matériau ancien de comblement de vallée		35,0		97	41	96	Capacité très élevée, saturation complète

- Sodium

Les pourcentages sont très légèrement inférieurs à ceux du potassium et varient de 0,5 % (vertisols topomorphes sur matériau ancien de comblement de vallée) à 9 % sur sable éolien dunaire.

## ACIDE PHOSPHORIQUE

### a. Acide phosphorique total

Les teneurs en  $P_2O_5$  total sont liées aux teneurs en azote. Les courbes établies par B. DABIN classent les sols en plusieurs catégories suivant leur place dans ce graphique.

- . sols très bien pourvus en phosphore,
- . sols bien pourvus en phosphore,
- . sols moyennement pourvus en phosphore,
- . sols carencés en phosphore.

Il s'avère (figures 8,9,10 et 11) que les sols étudiés sont bien pourvus en phosphore, les mieux pourvus étant évidemment les sols sur schistes éocènes (présence de nodules phosphatés dans ces couches).

Seuls les sols peu évolués sur grès fins du Crétacé sont moins bien pourvus en phosphore, sans être du reste carencés.

### b. Acide phosphorique et potassium assimilables

Les teneurs en  $P_2O_5$  total donnent une idée des réserves de phosphore du sol dont les formes peuvent être diverses et pas, peu ou bien assimilables par les plantes, avec passage plus ou moins facile du reste d'une forme à l'autre.

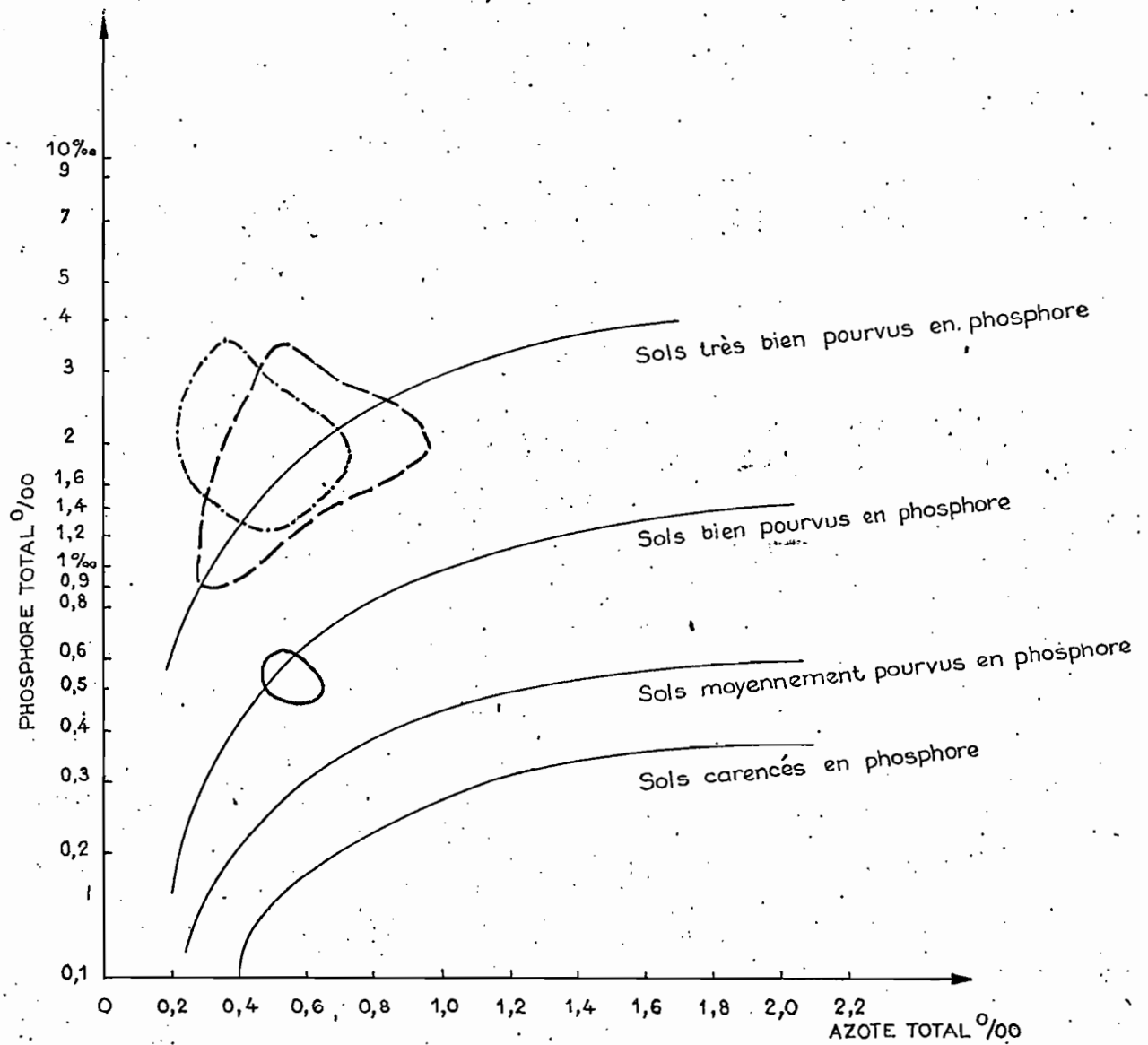
Il convient donc de donner une idée des teneurs en  $P_2O_5$  et  $K_2O$  assimilables. Rappelons que d'après les indications fournies par BORDAS et reprises par C. THOMAN (INRA RABAT), les teneurs en dessous desquelles il y a carence sont de 0,06 ‰ pour  $P_2O_5$  et 0,1 ‰ pour  $K_2O$ .

Nous constatons que :

- . les sols sur grès ferrugineux sont carencés en phosphore et potassium assimilables, malgré leur bonne teneur en  $P_2O_5$  total.

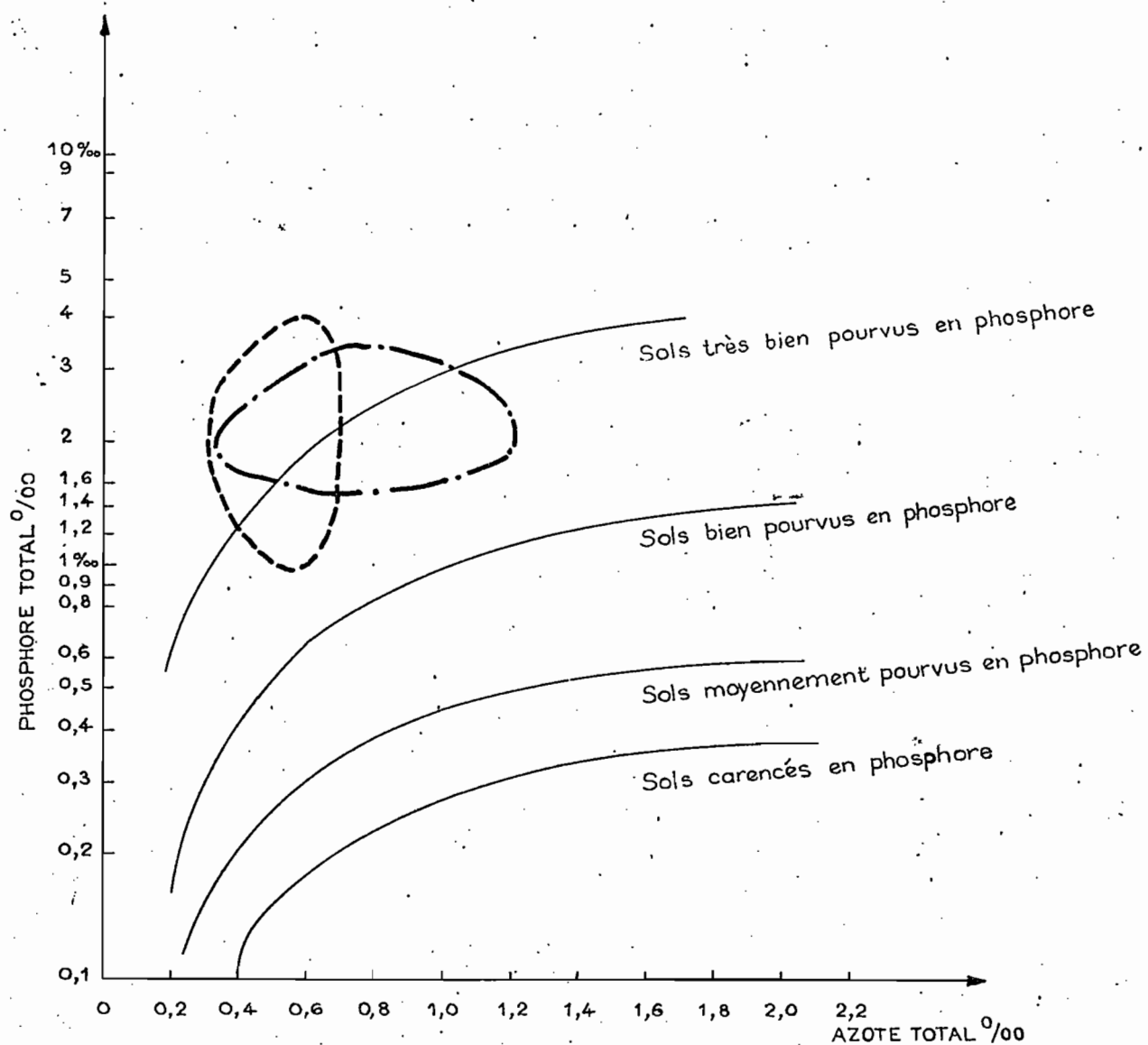


## RELATION AZOTE PHOSPHORE



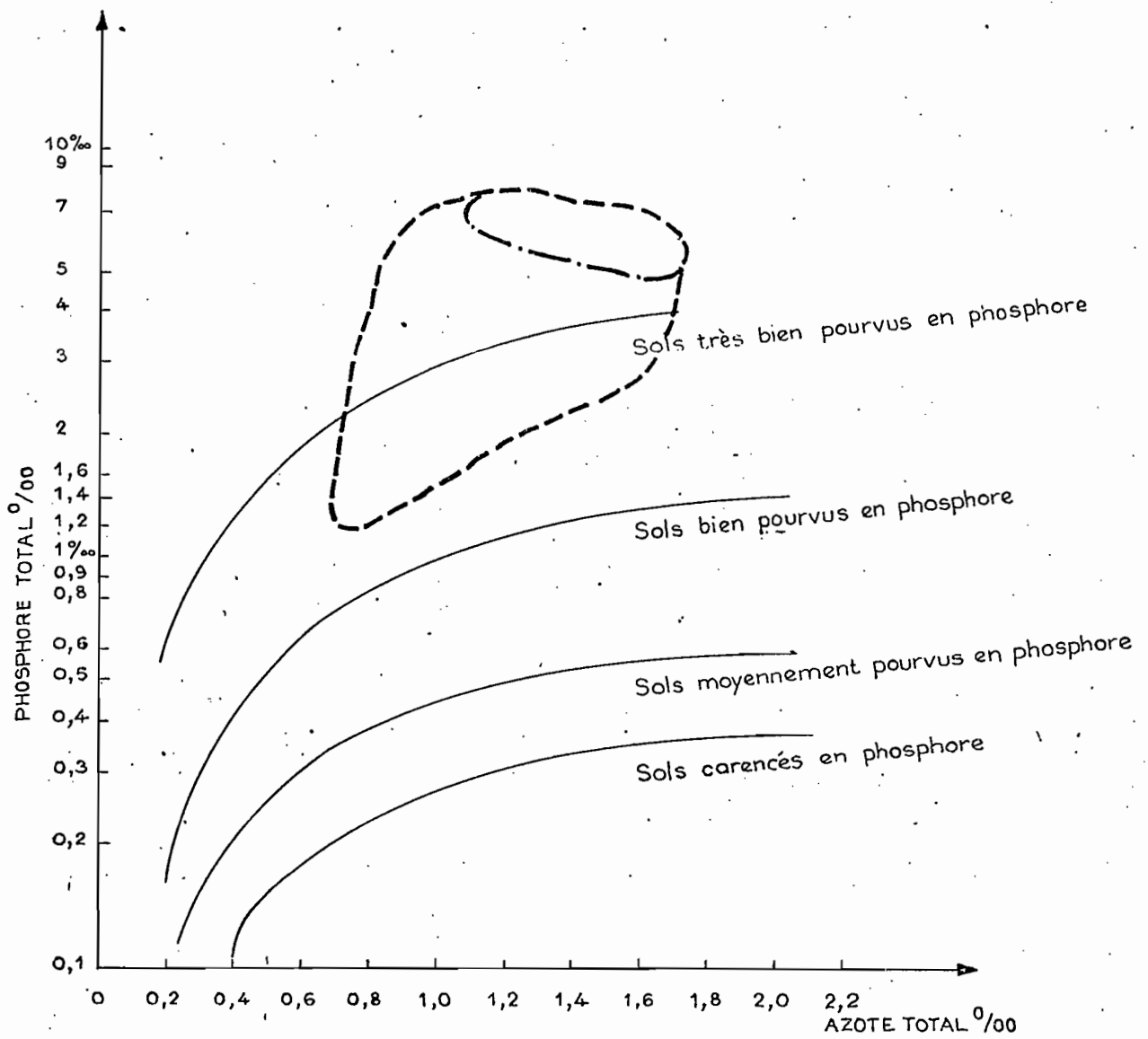
- Sols peu évalués
- Sols brun-rouge sur grès ferrugineux
- Sols peu évolués sur grès fins du Crétacé

## RELATION AZOTE PHOSPHORE



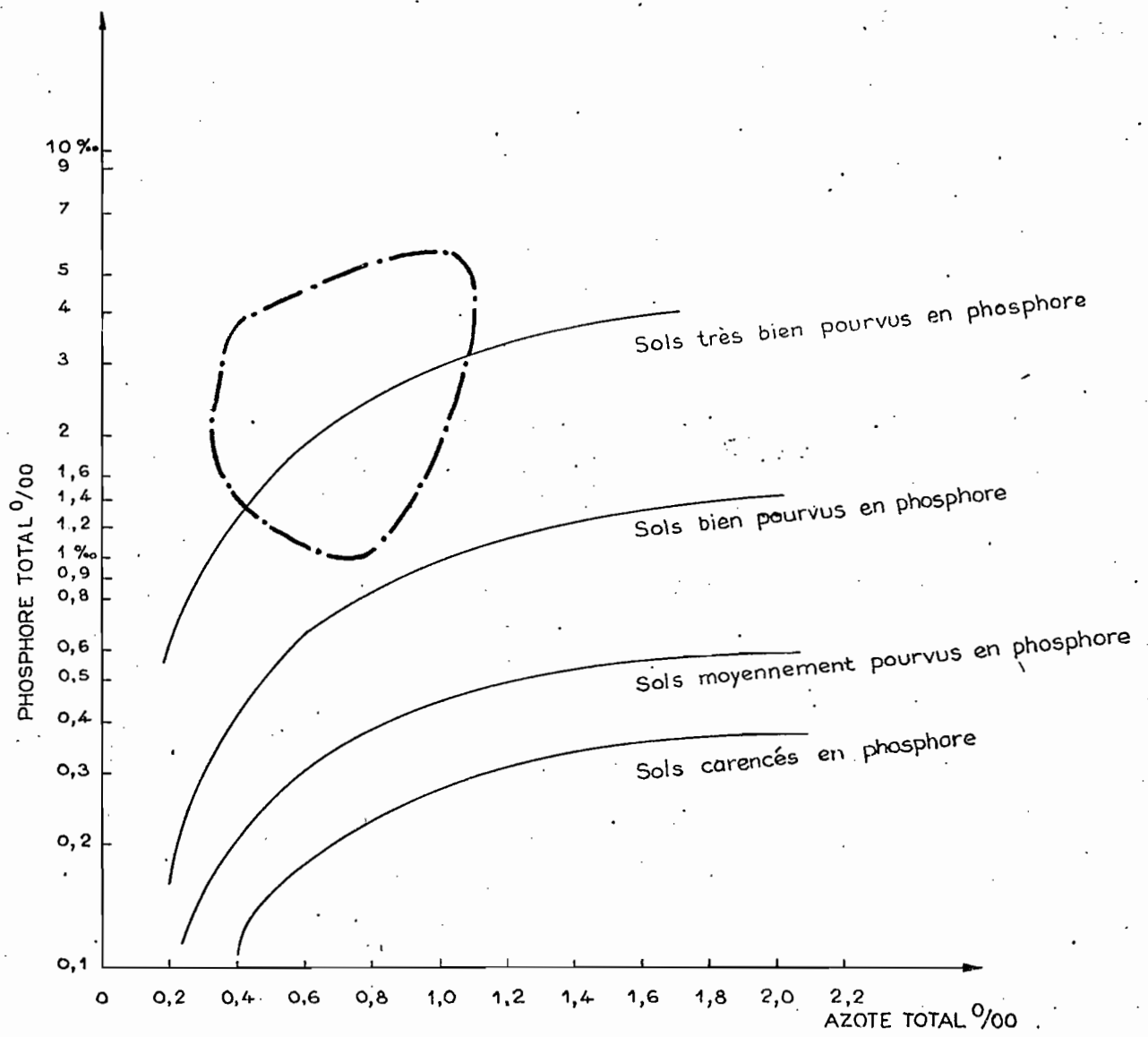
--- Sols bruns  
 -.- Sols bruns tirsifiés

# RELATION AZOTE PHOSPHORE



- Vertisols d'origine crétacée ou mixte
- Vertisols sur schistes

## RELATION AZOTE PHOSPHORE



--- Sols calcomagnésimorphes

POURCENTAGE DES DIFFERENTS CATIONS ENTRANT DANS LE COMPLEXE ABSORBANT  
DANS LES HORIZONS DE SURFACE

TABLEAU IV

Types de sols	Matériau originel	Calcium	Magnésium	Potassium	Sodium
Sols peu évolués	Sable éolien dunaire	49	35	7,0	9
	Matériau d'origine crétacée	58	34	4,5	3,5
	Grès ferrugineux	70	21	2,5	6,5
	Limons d'épandage et alluvions	80	13,5	2,5	4,0
	Matériau d'origine éocène	81	16,0	1,5	1,5
Sols brun rouge	Sur grès ferrugineux	58	13,0	6,0	6,0
	Sur matériau ancien de comblement de vallée	69	25,0	3,0	3,0
	Sur sable dunaire	61	31,0	5,0	3,0
Sols bruns	Matériau ancien de comblement de vallée	73	21,0	3,0	3,0
Sols bruns tirsifiés		72	21,0	3,0	3,0
Sols calcomagnésimorphes		84	13,0	2,5	1,5
Vertisols lithomorphes	Sur schistes éocènes	88	9,5	2,0	0,5
	Sur schistes	79	18,0	2,0	1,0
	Sur argilite	85,5	12,5	0,9	1,1
Vertisols lithomorphes	Matériau ancien de comblement de vallée	83	13,5	3,0	0,5

- les autres sols ont des teneurs en général largement supérieures à ces limites, les vertisols sur argilite mis à part.

#### TENEURS EN CALCAIRE TOTAL ET ACTIF

Le trait caractéristique des sols de cette région est la présence de calcaire dans de nombreux profils, soit à l'état de grains très fins (le profil n'étant lui-même pas calcaire), soit à l'état diffus, soit sous les deux formes. Le calcaire a évidemment pour origine les couches éocènes.

Les teneurs en calcaire total indique les réserves du sol en cet élément dont une forte proportion n'est pas assimilable immédiatement (grains, granules...). L'analyse du calcaire actif indique au contraire les teneurs qui sont immédiatement assimilables.

Les teneurs en calcaire total liées à la nature de la roche mère sont élevées chez certains sols calcomagnésimorphes et chez certains vertisols sur matériau éocène. Elles sont faibles ou nulles dans les sols bruns qui souvent montrent un lessivage net du calcaire (teneurs plus fortes en profondeur, parfois présence de taches). Elles sont nulles dans les sols brun-rouge.

Notons que nous avons appelé sols calcomagnésimorphes sur le terrain des sols qui à l'analyse présentent très peu de calcaire total. Ces teneurs faibles ne doivent en aucun cas être confondues avec l'erreur d'analyse inhérente à ce genre de manipulation. Ces sols en question présentaient sur le terrain, en effet, une effervescence très nette à l'acide chlorhydrique. Et il semble que la différence de résultats obtenus en laboratoire et sur le terrain soit due à la forme sous laquelle se trouve le calcaire qui permet des erreurs d'appréciation sur le terrain. Sous forme grossière, il donne une effervescence à l'acide très vive et très rapide qui peut induire une erreur alors que sous forme fine, l'effervescence est plus lente et permet mieux de se rendre compte des véritables teneurs.

Les teneurs en calcaire actif ne s'élèvent pratiquement pas au-dessus de 5 %.

#### FER LIBRE - FER TOTAL

Les teneurs en fer total sont élevées mais ce n'est pas dans les sols brun-rouge qu'elles sont les plus fortes, mais dans les vertisols où elles atteignent 100 % (exprimées en  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ).

D'autre part, les teneurs en fer libre sont relativement faibles, même dans les sols brun-rouge (30 % en moyenne) tandis que le rapport fer libre/fer total n'indique pas dans ces derniers de lessivage net.

En résumé, chez les sols brun-rouge où les chiffres relatifs au fer ont le plus de signification, si une certaine individualisation du fer se manifeste (qui donne la couleur rousse), l'attaque des composés ferriques et l'entraînement des sesquioxydes de fer sont peu importants.

### CONCLUSION

Nous avons groupé dans le tableau V les principaux éléments qui interviennent dans l'évolution de la richesse actuelle d'un sol :

- . Matière organique,
- . Capacité d'échange, différents cations,
- . Taux de saturation,
- . Différents rapports Ca/Mg/K et Mg/K,
- . pH,
- . P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> total ; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et K<sub>2</sub>O assimilables.

Si ces différents éléments sont connus et peuvent être dosés, il est plus difficile d'apprécier leur influence relative.

Il est assez difficile, et même spéculatif, de définir la richesse d'un sol dont les conditions de fertilité acceptables pour telle culture ne le sont plus pour telle autre. Il serait donc plus logique d'estimer le potentiel de fertilité en regard de la vocation culturale la plus adéquate qui est liée en outre à d'autres facteurs tels que la granulométrie, le drainage, la perméabilité.

Nous ne donnerons donc qu'une appréciation très subjective et dans l'absolu de la richesse potentielle dont nous tiendrons compte dans l'estimation de la vocation culturale du sol au chapitre VI.

## ESTIMATION DE LA FERTILITE POTENTIELLE DES HORIZONS DE SURFACE

TABLEAU V

Types de sols	Matériau originel	Matière organique moyenne (%)	Ca en me moyenne	Mg en me moyenne	K en me moyenne	T en me moyenne	V en %	Mg/K moyenno	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> total moyenne	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ass. en % moyenno	K <sub>2</sub> O ass. en % moyenno	pH moyenne	Appréciation
Sols peu évolués	Sable éolien dunaire	0,29	2,3	1,4	0,22	5,2	70	7,9	1,3			6,0	Faible
	Matériau d'origine crétacée	0,45	2,4	1,4	0,18	5,2	78	8,0	0,54			6,5	Faible
	Grès ferrugineux	0,56	9,4	1,6	0,14	11,0	69	15,0	2,26	0,05	0,05	6,3	Très faible
	Limons d'épandage et alluvions	0,64	10,6	1,9	0,33	16,0	81	7,5	1,86	0,93	0,10	7,6	Faible
	Matériau d'origine éocène	1,87	18,0	3,6	0,27	24,0	92	13,0	10,04			7,6	Elevée
Sols brun-rouge	Sur grès ferrugineux	0,82	3,0	1,5	0,28	9,0	60	7,0	3,86	0,02	0,15	6,6	Très faible
	Sur matériau ancien de comblement de vallée	0,69	9,6	2,1	0,24	16,0	64	9,5	2,49			6,1	Faible
	Sur sable dunaire	0,39	2,8	1,4	0,23	7,0	65	6,1	2,60			6,8	Très faible
Sols bruns	Matériau ancien de comblement de vallée	0,56	9,3	2,4	0,29	17,0	72	9,2	2,1	0,57	0,10	6,7	Moyenne
Sols bruns tirsifiés		1,33	14,9	3,7	0,68	23,0	79	6,3	4,3	0,31	0,31	7,4	Bonne
Sols calcomagnésimorphes		1,46	24,3	4,6	0,74	33,0	90	7,0	3,2	1,53	0,61	8,0	Elevée
Vertisols lithomorphes	Sur schistes éocènes	2,24	48,0	5,0	1,0	56,0	93	5,0	6,5	0,60	0,17	7,9	Très élevée
	Sur schistes	1,63	19,6	2,5	0,45	27,0	89	15,0	3,8	0,42	0,43	7,6	Elevée
	Sur argilite	0,94	27,0	4,0	0,28	33,0	94	17,0	3,1	0,07	0,21	7,9	Elevée
Vertisols topomorphes	Matériau ancien de comblement de vallée	1,92	8,0	4,6	1,1	35,0	97	4,0	2,9	0,67	0,41	7,8	Elevée



## C H A P I T R E V

### CARACTERISTIQUES PHYSIQUES ET HYDRODYNAMIQUES

Les caractéristiques chimiques d'un sol définissent sa richesse potentielle. Mais la valeur d'un sol au point de vue agronomique dépend aussi d'autres facteurs : perméabilité, capacité de rétention, porosité, stabilité structurale, résistance à l'érosion... qui sont les caractéristiques physiques et hydrodynamiques du sol. Ces facteurs sont du reste liés à certains facteurs chimiques (  $I_s$  dépend du taux de matière organique, du pH ... )

Nous avons dû limiter le nombre et les types d'analyses de laboratoire. Nous avons cependant déterminé certains indices qui permettent même sommairement de caractériser les sols.

#### ETUDE DE LA STABILITE STRUCTURALE

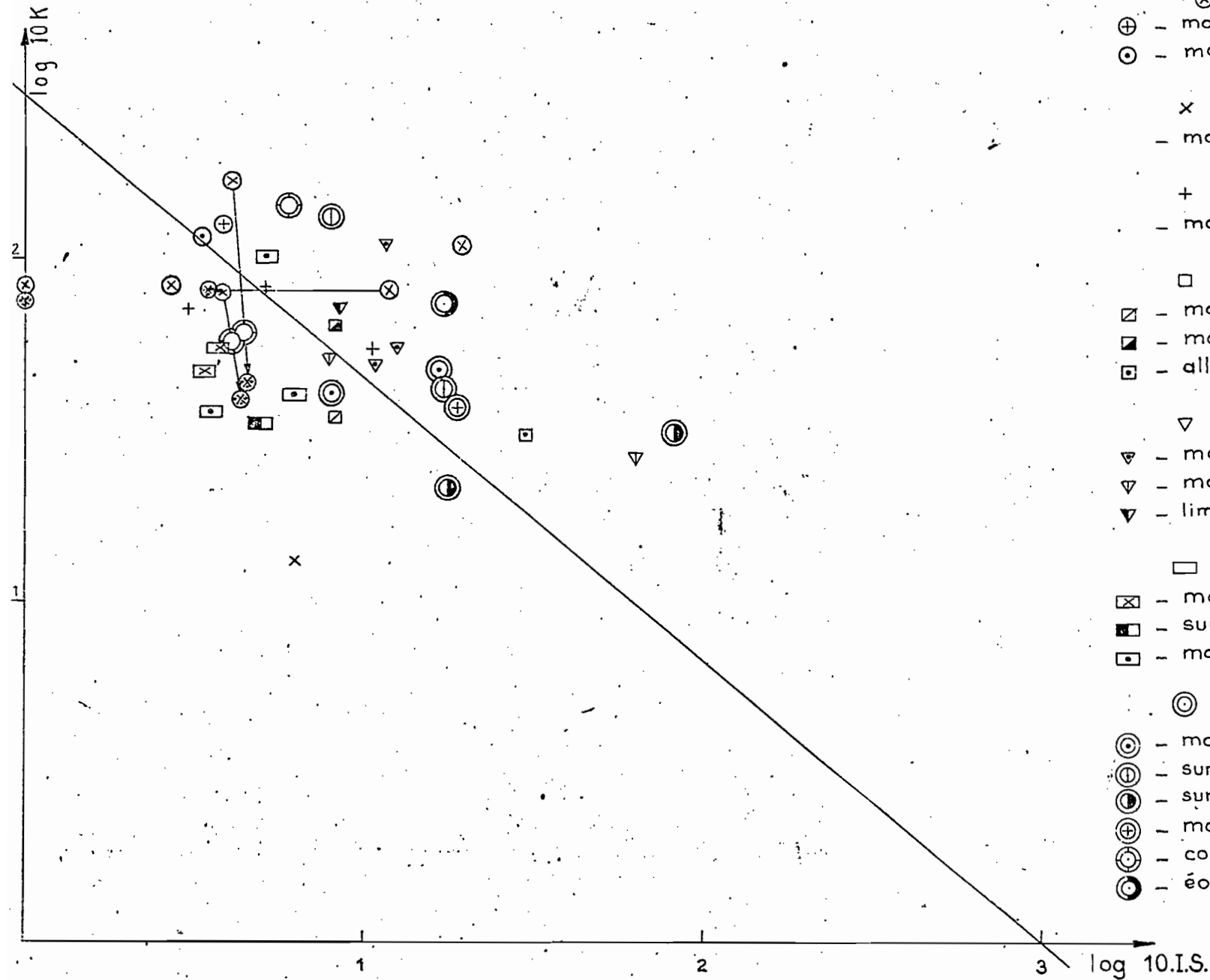
La notion de stabilité structurale est importante car elle définit la tenue du sol à l'action de l'eau : elle conditionne donc la réaction des terres à l'irrigation, aux travaux de mise en valeur et surtout à la sensibilité à l'érosion.

HEHIN a défini un indice  $I_s$  qui fait appel à l'analyse d'agrégats c'est-à-dire à leur tenue sous différents traitements et un indice  $K$  qui est en fait le coefficient de perméabilité de la formule de Darcy déterminé par la percolation d'eau distillée à travers un échantillon de sol remanié. L'étude de terrain et de laboratoire a montré qu'un indice  $I_s$  défavorable pouvait être compensé par de bonnes valeurs de l'indice  $K$ . Il est donc nécessaire de tenir compte de ces deux indices qui sont du reste liés statistiquement par la relation suivante.

$$E \log_{10} K + 2,5 \log_{10} I_s - 7,5 = 0$$

La droite correspondante est représentée sur le graphique 12 où nous avons inscrit les points correspondants aux horizons supérieurs et parfois inférieurs des sols.

Une grande partie des points obtenus sont pratiquement dans la partie gauche du graphique, c'est-à-dire dans la zone des stabilités structurales de tendance moyenne à élevée.



- Vertisols lithomorphes
  - matériau issu des schistes, calcaires, éocènes et du Crétacé
  - ⊗ - en surface (0-15 cm) ⊕ - en profondeur (50-80 cm)
- ⊕ - matériau issu des schistes éocènes
- ⊙ - matériau issu des argilites du Crétacé
  
- x Vertisols topomorphes
  - matériau ancien de comblement de vallée
  
- + Sols bruns firsifiés
  - matériau ancien de comblement de vallée
  
- Sols bruns
  - ⊠ - matériau ancien de comblement de vallée
  - ▣ - matériau issu du Crétacé (grès fins)
  - ◻ - alluvions des cours d'eau temporaires
  
- ▽ Sols calcómagnésimorphes
  - ▽ - matériau issu de l'Eocène
  - ▽ - matériau ancien de comblement de vallée
  - ▽ - limons d'épandage ou alluvions récentes
  
- ◻ Sols brun-rouge
  - ⊠ - matériau ancien de comblement de vallée
  - ▣ - sur sable dunaire
  - ◻ - matériau issu des grès ferrugineux
  
- ⊙ Sols peu évolués d'apport
  - ⊙ - matériau issu des grès ferrugineux
  - ⊙ - sur sable dunaire
  - ⊙ - sur limons d'épandage
  - ⊕ - matériau issu du crétacé (grès fins)
  - ⊙ - colluvions
  - ⊙ - éocène

Notons que les vertisols lithomorphes sur schistes éocènes ont une stabilité particulièrement élevée. Le fait est intéressant si l'on envisage des travaux de défense et restauration, et la mise en culture de l'interfluve éocène.

Cette stabilité s'explique en partie chez ces types de sols par la présence d'un horizon de surface de 20 à 40 cm d'épaisseur de structure fine bien développée et aérée, liée à une bonne perméabilité.

L'indice  $I_s$  garde pratiquement la même valeur en profondeur tandis que la perméabilité (indice  $K$ ) décroît très nettement, comme nous le verrons plus loin ; la structure plus massive et la perméabilité plus faible en profondeur, posent certains problèmes techniques dans une optique de lutte anti-érosive et de mise en valeur.

Les vertisols topomorphes ont des stabilités plus moyennes liées à des perméabilités très faibles.

Les sols calcomagnésimorphes ont des indices  $I_s$  assez élevés à la limite des mauvaises stabilités. Cependant l'indice  $K$  compense ce facteur défavorable.

Il s'avère d'autre part, que les sols peu évolués, sur limons d'épandage récents se situent plus bas sur la courbe, dans les zones de stabilité moyenne à mauvaise leurs indices sont supérieurs à 1 et les perméabilités faibles : l'utilisation de ces terrains qui forment une grande partie des plaines d'AGOULOUM, SOKOLE et KAORA et KORE nécessitent des précautions, les difficultés étant dues au pourcentage élevé en limons : ce sont des terres "battantes" aux défauts desquels on peut remédier par la pratique du paillage par exemple ou l'apport de fumier.

#### ETUDE DES PERMEABILITES EN PLACE

Les perméabilités en place ont été calculées sur le terrain par la méthode du double cylindre avec un anneau de garde et à pression variable : on mesure l'infiltration toutes les minutes, 5 minutes ou 10 minutes suivant le sol, du liquide contenu dans des cylindres de 30 cm de diamètre, de hauteur 30 cm. Un anneau de garde, lié au cylindre et constamment rempli d'eau, à pour but d'éviter l'infiltration latérale. Dans les sols à forte perméabilité, nous avons été obligés de remplir le cylindre plusieurs fois.

Les mesures ont été faites en général à 0 cm et 50 cm ou au niveau d'une couche de texture et structure différente.

Les courbes 13 à 22, qui montrent la variation de la vitesse d'infiltration en fonction du temps ont l'allure d'hyperboles asymptotes à des droites parallèles à l'axe des temps : la vitesse de filtration forte au début, diminue progressivement pour se stabiliser à une valeur constante qui est la perméabilité stabilisée.

Si la courbe entière intéresse tout spécialiste de l'irrigation qui doit avec une idée des quantités d'eau qui s'infiltreront au début d'une irrigation, sur sol sec, la partie horizontale de la courbe, c'est-à-dire la valeur de la perméabilité stabilisée offre un intérêt plus immédiat, par exemple lorsqu'il s'agit de classer les terres en classes irrigables ou non irrigables, de calculer l'espacement et les dimensions des banquettes lors de travaux de D.R.S.

Nous avons donc tracé les courbes d'infiltration par types de sol. Nous donnons d'autre part dans le tableau VI les valeurs des perméabilités stabilisées toujours par type de sol, avec leur appréciation en fonction de la classification américaine.

Ces valeurs des perméabilités ne sont pas obligatoirement liées à la texture et dépendent en fait étroitement de la stabilité structurale ; ce sont les caractères des sols définis par les sous-groupes, faciès, famille et série qui ont une incidence sur les valeurs de la perméabilité.

- Au niveau classe, les sols peu évolués et brun-rouge ont en général des perméabilités élevées, les perméabilités de surfaces des sols bruns et des vertisols à horizon de surface finement structuré étant semblables.
- Au niveau sous-classe, les vertisols lithomorphes, dont l'horizon supérieur a une structure fine, ont une perméabilité légèrement supérieure à celle des vertisols à structure compacte dès la surface.
- Au niveau faciès, la présence d'un horizon à concrétions peut infléchir la perméabilité, la diminuer en général.
- Au niveau famille, la texture, qui se retrouve au niveau du type intervient évidemment mais, nous le répétons ce n'est qu'un des facteurs de la perméabilité : les matériaux de comblement de vallée, argilo-sableux à limono-sableux sont en général moins perméables que les matériaux issus des grès ferrugineux argilo-sableux à sablo-argiloux.
- Au niveau série, la présence de recouvrement de texture différente du matériau sous-jacent influe sur la perméabilité de surface, de même que la présence d'un horizon glacé en surface (cas des formations sur glaciais d'origine crétacée, profil n° 101 KR).

Les sols brun-rouge ont approximativement les mêmes valeurs de perméabilité (17 cm/h en moyenne). Notons que le n° 242 KR, sur matériau ancien de comblement de vallée offre une perméabilité de profondeur nettement inférieure à celle de surface. D'autre part la courbe n° 300 KR (sol sur dune) présente un palier qui semble correspondre à la présence d'un apport superficiel récent, de 30 cm d'épaisseur ; le manque de temps nous a empêché d'obtenir la perméabilité stabilisée finale et nous avons utilisé la valeur présentée au palier.

Les sols peu évolués ont des perméabilités très variables suivant leur origine (voir précédemment).

Les sols bruns ont des perméabilités très voisines (12 cm/h en moyenne).

Les sols calcaires ont aussi des perméabilités voisines (8 cm/h en moyenne). Seul le profil 254 KR a une perméabilité plus forte.

Enfin les vertisols lithomorphes ont des perméabilités voisines en surface, (12 cm/h), la structure fine ou grossière de l'horizon de surface les différenciant légèrement, des perméabilités également semblables en profondeur mais plus faibles (3 cm/h).

En conclusion, les perméabilités sont fortes. Elles dépassent en surface le seuil inférieur généralement admis pour l'irrigation (1cm/h) mais par contre, elles sont parfois très au-dessus du seuil supérieur (15 à 20 cm/h) notamment pour les sols peu évolués et brun-rouge de certaines familles.

Nous n'avons pu faire de perméabilité sur les vertisols topomorphes : les fentes de retrait qui se développent à l'état sec depuis la surface du sol ont empêché la régularisation de l'infiltration et il nous a donc été impossible de tracer les courbes correspondantes. Il semble cependant que la perméabilité soit très faible et qu'elle se stabilise à des valeurs inférieures à 1 cm/h.

TABLEAU VI  
TABLEAU RECAPITULATIF DES PERMEABILITES

Types de sols	No	Matériau originel	Perméabilité		Appréciation
			cm/h 0 cm - 50 cm		
Sols peu évolués d'apport	156 S	Colluvial type limono-sableux	24	24	rapide
	356 S	Alluvions de cours d'eau temporaires Type limono-sableux	30	-	très rapide
	261 S	Limons d'épandage	21	18	rapide
Sols peu évolués d'apport à tendance sol brun	101 KR	Matériau d'origine crétacé type limono-sableux	10	34	relativement rapide en surface très rapide en profondeur
	110 KO	Alluvions de cours d'eau temporaires type sablo-argileux	14	20	rapide
Sols bruns calcaires	239 S	Matériau ancien de comblement de vallée (limoneux)	13	-	rapide
	190 KA	Alluvions de cours d'eau temporaires (limono-sableux)	5,5	-	moyenne
	123 KA	Eocène (limono-argileux)	5	-	moyenne
	254 KR	Limons d'épandage (limono-sableux)	18	6	rapide en surface moyenne en profondeur
	260 KR	Limons d'épandage (limono-sableux)	4	3	moyenne
Brun calcaire hydromorphe	375 S	Eocène (limono-argilo-sableux)	12	-	relativement rapide
	135 KA	Eocène (limono-argilo-sableux)	8	10	relativement rapide
Sol brun	141 KO	Matériau ancien comblement limono- argilo-sableux	9	8	relativement rapide
	215 KR	Matériau ancien comblement limono- argilo-sableux	10	-	relativement rapide
Sol brun à concrétions	9 KR	Crétacé (sablo-argileux)	14	5	rapide en surface moyenne en profondeur
	247 KR	Limons d'épandage (limono-argileux)	7	3	relativement rapide en surface, moyenne en profondeur
Sol brun-rouge	242 KO	Matériau ancien de comblement de vallée (limono-argileux)	14	3	rapide en surface moyenne en profondeur
	370 S	Grès ferrugineux (sablo-argileux)	18	18	rapide
	54 S	Grès ferrugineux (limono-sableux)	-	19,5	rapide
	300 KR	Sable dunaire sablo-argileux	62	-	très rapide
Sol brun rouge à concrétions	49 KR	Matériau ancien de comblement de vallée (limono-argileux)	16	-	rapide
Vertisol lithomorphe à horizon de surface largement structuré	10 KA	Origine mixte (crétacé, éocène) limono-argileux	10	1	relativement rapide en surface. relativement lente en profondeur
	124 KR	Schistes éocène (limoneux)	4	1	moyenne en surface relativement lente en profondeur
Vertisol lithomorphe à horizon de surface finement structuré	144 KA	Crétacé (limono-argileux)	12	2	relativement rapide en surface relativement lente en profondeur
Vertisol lithomorphe à horizon de surface finement structuré	25 KR	Mixte (éocène, crétacé) limoneux	14	3	rapide en surface, moyenne en profondeur
	17 S	Mixte (éocène, crétacé) limoneux	10	2	relativement rapide en surface moyenne en profondeur
	71 KO	Mixte (limono-argilo-sableux)	11	2	relativement rapide en surface moyenne en profondeur
Cuirasse ferrugineuse du plateau	3 KR		-	0,5	lente

### CAPACITE DE RETENTION

C'est en fait l'humidité équivalente que nous avons mesurée en laboratoire mais qui est peu différente de la capacité de rétention mesurée au champs : cette valeur indique le volume d'eau maximum retenu par le sol.

Le tableau VII indique les valeurs de ces capacités suivant les types de sol.

Nous constatons que ce sont les matériaux sur schistes qui ont la plus grande capacité de rétention : sols calcomagnésimorphes sur liasène mixte (schiste calcaire) où l'influence des schistes est prédominante, et vertisols lithomorphes sur schistes.

Les sols brun-rouge sur matériau ancien de comblement de vallée ont des capacités légèrement plus faibles que les sols bruns ou bruns tirsifiés sur matériaux identiques. Cela ne semble pas dû à la texture (les sols bruns ont un pourcentage d'éléments fins nettement inférieur à celui des sols bruns tirsifiés et brun-rouge), mais probablement à ce type de sol : la structure est moins développée dans les sols brun-rouge, que dans les sols bruns.

En règle générale, les sols très évolués ont des capacités de rétention meilleure que les sols à profil jeune.

### CONCLUSIONS : APPLICATION A LA LUTTE ANTI-EROSIVE

Les caractères physiques et hydrodynamiques d'un sol influent sur sa vocation culturale autant que sur les caractéristiques chimiques. Les deux facteurs étant liés il est donc nécessaire d'en tenir compte dans l'estimation de la vocation agronomique. Nous examinerons cet aspect de l'étude dans le chapitre suivant.

Cependant, il est un domaine où les décisions à prendre tiennent compte presque uniquement des caractéristiques physiques et hydrodynamiques, c'est celui de la lutte anti-érosive et de la défense et restauration des sols.

Dans cette optique, les analyses physiques et les mesures sur le terrain nous permettent par l'intermédiaire des indices de stabilité  $I_s$  du coefficient  $K$  et des mesures de perméabilité en place de classer les sols étudiés en trois groupes :

TABLEAU VII

Types de sol	Matériau originel	Capacité de rétention en % des horizons supérieurs
Sols peu évolués	Matériau éolien	8,6
	Grès fin crétacé	10,6
	Grès ferrugineux de l'ADER-DOUCHI	10,7
	Limos d'épandage	15,8
	Matériau colluvial indifférencié	13,5
	Alluvions cours d'eau temporaires	11,5
	Éocène calcaire	16,5
Sols calcomagnésimorphes	Sur calcaire éocène	17,5
	Sur éocène (schistes et calcaire)	36,1
	Limos d'épandage, matériau ancien de comblement de vallée alluvions de cours d'eau temporaire	22,9
Sols brun-rouge	Matériau sableux dunaire	11,8
	Matériau ancien de comblement de vallée	16,5
	Grès ferrugineux	12,2
Sols bruns	Matériau ancien de comblement de vallée	21,4
	Crétacé (grès fins)	17,6
	Alluvions de cours d'eau temporaires	15,9
Sols bruns tirsiffés	Matériau ancien de comblement de vallée	21,1
Vertisols lithomorphes	D'origine crétacé	24,0
	Sur schistes	37,0
	D'origine mixte (éocène - crétacé)	22,7
Vertisols topomorphes	Matériau ancien de comblement de vallée	33,5



- Certains sols offrent des perméabilités moyennes en surfaces (10 à 12 cm/h) à faibles en profondeur (1 à 3 cm/h).

D'autre part, le classement en fonction de  $I_s$  et  $K$  les situe dans la partie gauche du graphique, c'est-à-dire que leur tenue à l'eau est bonne. Ces sols qui ne peuvent pas absorber toute l'eau de ruissellement seront cependant traités ; il suffira de prévoir un dispositif anti-érosif permettant l'interception de l'eau, son infiltration sur une surface optimum et l'évacuation de l'eau non infiltrée. C'est le système de banquette de dérivation dont la réalisation demande une certaine technicité parfois difficile à obtenir.

Nous rangerons dans ce groupe les vertisols lithomorphes, notamment ceux à structure de surface fine, et sur schistes éocènes qui forment la quasi totalité de l'interfluve éocène. La pente étant, généralement supérieure à 15 %, il semble nécessaire d'adopter les sections et profil type algérien à fond inversé. Des précautions particulières devront être prises à la traversée des ravins qui descendent du plateau.

- A l'opposé, d'autres sols présentent des comportements sur le terrain assez médiocres : mauvaises stabilités structurales associées à des indices  $K$  faibles, bien que la perméabilité mesurée en place soit élevée ; ce sont les sols sur formations limoneuses d'épandage et sur matériau calcaire d'origine éocène. Ces sols se situent en général sur des glacis ou dans des plaines et aucun travail de DRS ne semble devoir y être effectué.

Les vertisols topomorphes sont à mettre à part : mauvaise stabilité structurale, perméabilité faible, indice  $K$  faible.

- Un groupe de sol intermédiaire, situé parfois sur pentes justifiant un traitement, pourrait être traité dans un but de protection des terres aval : ce sont les sols brun-rouge, à perméabilité élevée, et qui se situent dans la moitié gauche du graphique  $I_s$  en fonction de  $K$ . Vue leur forte perméabilité, des banquettes d'absorption totale pourraient y être installées.

## C H A P I T R E V I

### UTILISATION DES TERRES

#### PRINCIPES

En se référant à la légende "Cartes d'utilisation des terres" publiée par G. AUBERT et F. FOURNIER, les terres ont été classées d'après leurs qualités agronomiques, leurs possibilités d'utilisation et les travaux nécessaires pour leur utilisation et leur conservation.

Les qualités agronomiques d'un sol dépendent de sa fertilité potentielle et de sa fertilité actuelle :

- La fertilité potentielle est liée aux facteurs définissant le mode et l'intensité d'évolution (évolution et degré d'altération des minéraux, degré d'hydromorphie). Elle est liée aussi aux processus d'évolution et à leur intensité (lessivage en éléments fins, incidence d'une hydromorphie de profondeur...).
- La fertilité actuelle est fonction des caractéristiques propres aux différents horizons, appréciées à partir de paramètres intervenant dans l'alimentation minérale des plantes : pH, calcaire,  $P_{20_5}$  total,  $P_{20_5}$  et  $K_2O$  assimilables, matière organique, complexe absorbant...

Les travaux nécessaires à l'utilisation des terres dépendent évidemment de la pente, des surfaces et du type de sol à traiter.

#### CLASSES D'UTILISATION DES TERRES

##### CLASSE XII

Terres de valeur agronomique nulle, à laisser sous végétation naturelle.

La cuirasse ferrugineuse du plateau affleure : aucun travail ne permettra d'améliorer ces sols même à longue échéance.

Ce sont les sols minéraux bruts d'érosion ou squelettiques sur grès ferrugineux de l'ADER-DOUTCHI, les sols minéraux bruts d'apport alluvial, série caillouteuse.

#### CLASSE XI

Terres sans valeur agronomique actuelle : des travaux de reboisement associé à une mise en défens peuvent faire espérer une amélioration à très longue échéance de ces sols qui sont inutilisables actuellement.

D'une part la carapace ferrugineuse formée sur crétacé est ici moins importante que la cuirasse formée sur les grès de l'ADER-DOUTCHI, d'autre part des travaux adéquats peuvent contribuer à la formation de sols sur grès fins et argilités du Crétacé ou sur calcaire éocène érodés naturellement.

L'on rencontre dans cette classe les sols minéraux bruts d'érosion, sur carapace ferrugineuse formée sur Crétacé, sur grès fins et argilité du crétacé, sur calcaire éocène, les sols d'apport colluvial des cônes d'épandage.

#### CLASSE X<sub>a</sub>

Terres de valeur agronomique très variable :

Ce sont des sols caractérisés par la grande hétérogénéité des sols, le morcellement des surfaces cultivables qui sont très petites et éparpillées. La pente est forte (supérieure à 10 %).

L'aménagement doit être de type individuel : murettes de pierre sèche, épierrage de façon à pouvoir cultiver éventuellement le mil et parfois le sorgho.

C'est essentiellement l'association : sols brun-rouge modaux, minces, squelettiques, litho-régosols sur éboulis de cuirasse ferrugineuse, sols calcimorphes, vertisols.

#### CLASSE IX<sub>a</sub>

Terres de valeur agronomique médiocre :

Ce sont des sols généralement sur dunes anciennes à forte altération physico-chimique, à dominance de minéraux argileux du type kaolinite. Il y a carence en  $P_2O_5$  et  $K_2O$  assimilables, les pH sont acides et nécessitent des amendements calcaires, le complexe absorbant est dessaturé, la capacité totale d'échange étant très faible. La structure est médiocre et souvent instable, les perméabilités sont très élevées, la capacité de rétention très faible.

La matière organique fait défaut et les rapports C/N très faibles.

Ce sont des terres inaptées à l'irrigation gravitaire. La vocation est le mil.

Ces sols nécessitent cependant des travaux anti-érosifs car il s'agit d'empêcher l'épandage du sable sur les terres riches avoisinantes. Il est donc nécessaire de barrer les ravineaux qui débouchent de ces formations : murettes en pierres...

Sur ces terres, tous autres travaux semblent inutiles, vu leur faible valeur agronomique, et surtout voués à l'échec.

Cette classe comprend principalement les sols minéraux bruts d'apport éolien, les sols peu évolués d'apport bien drainé sur matériau éolien ou sur grès fins du Crétacé, les sols peu évolués à tendance brun-rouge sur matériau éolien.

#### CLASSE VIII a

Terres de valeur agronomique médiocre à faible :

Ce sont des sols à forte altération physico-chimique. Le complexe absorbant est dessaturé ; la capacité totale d'échange faible. La vocation est le mil.

Ce sont les sols peu évolués d'apport sur grès fins du Crétacé, les sols peu évolués d'apport à tendance sol brun sur grès fins du Crétacé, les sols peu évolués d'apport évoluant vers les sols brun-rouge sur matériau issu des grès ferrugineux de l'ADER-DOUCHI.

Ces terres nécessitent parfois des travaux anti-érosifs qui doivent être laissés à l'initiative individuelle : lignes de pierre...

#### CLASSE VII a

Terres de valeur agronomique médiocre.

L'épaisseur de terre arable est en général faible, une cuirasse ferrugineuse, ou un lit de cailloux, graviers limitant la profondeur.

Les aménagements éventuels seront du type individuel (épierrage, murettes en pierres sèches barrant les ravineaux qui s'insinuent entre les éperons du Crétacé, lignes de pierres en courbe de niveau) mais généralement ces sols devront être laissés sous végétation naturelle, leur utilisation n'étant pas rentable.

Ce sont les sols peu évolués à tendance sols bruns sur matériau issu des grès ferrugineux de l'ADER-DOUTCHI série érodée très mince, ou sur matériau issu des grès ferrugineux de l'ADER-DOUTCHI, série très mince, les sols brun-rouge sur matériau issu des grès ferrugineux de l'ADER-DOUTCHI série très mince, l'association sols brun-rouge, ferrugineux tropicaux (modaux minces ou squelettiques) sols régosoliques sur cuirasse ferrugineuse.

#### CLASSE VI

Torres de valeur agronomique médiocre à moyenne.

Les perméabilités sont fortes, les capacités de rétention faibles, la structure parfois instable et la teneur en matière organique faible. Le complexe absorbant est dessaturé. La vocation est le mil.

Sont compris dans cette classe les sols minéraux bruts d'apport alluvial, sur alluvions indifférenciées série non caillouteuse, les sols peu évolués sur matériau issu des grès ferrugineux de l'ADER-DOUTCHI série modale, les sols brun-rouge sur matériau issu des grès fins du Crétacé ou d'origine crétacé.

Suivant la pente et la topographie l'on distingue trois sous-classes :

- Sous-classe VI a

Aménagement des ravins et murettes.  
Cultures de mil en courbe de niveau.

- Sous-classe VI b

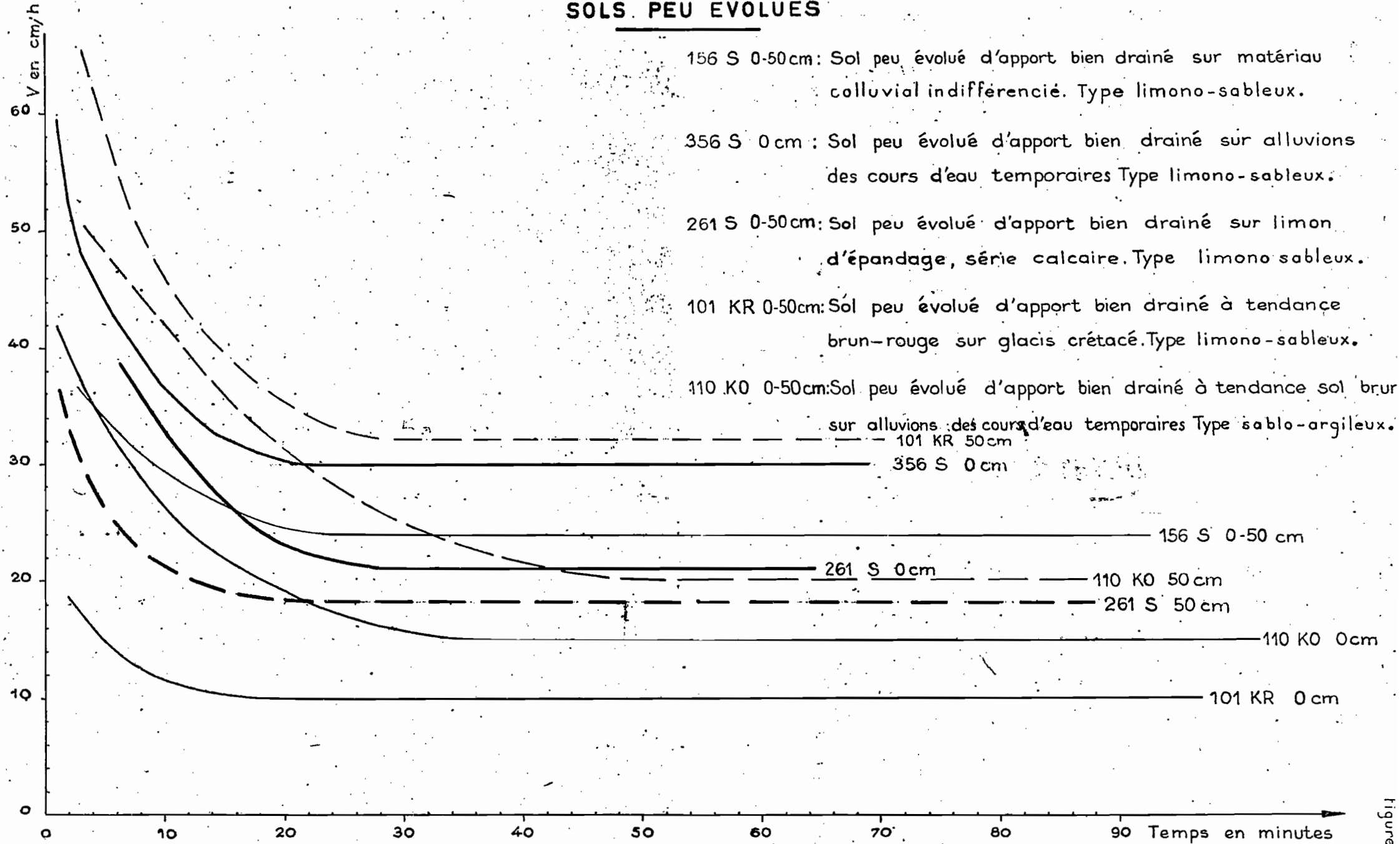
Petits aménagements individuels :  
épierrages, murettes.

- Sous-classe VI c

Banquettes, éventuellement épierrage, murettes renforçant les banquettes, culture suivant les courbes de niveau.

# COURBES DE PERMEABILITES

## SOLS PEU EVOLUES



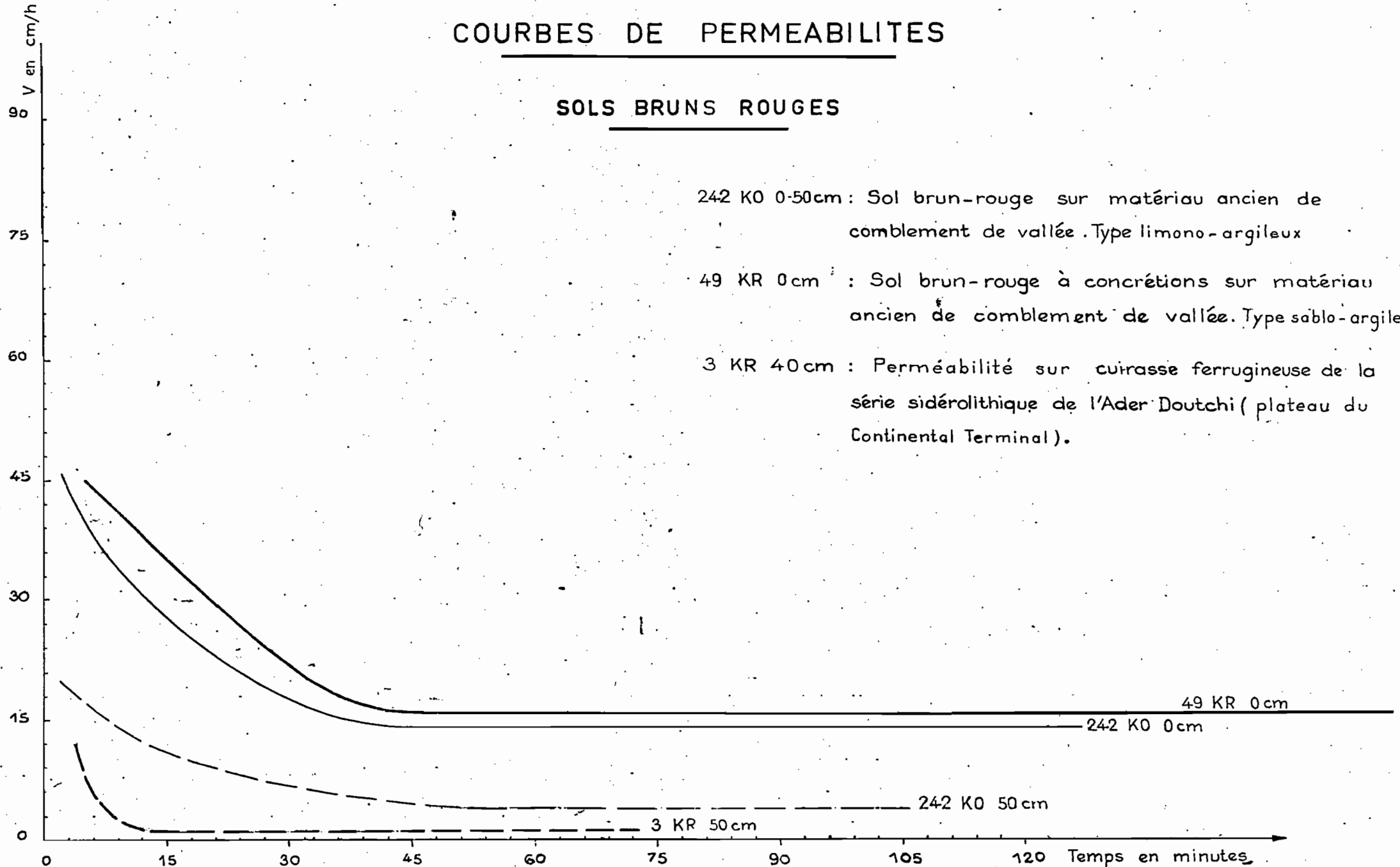
# COURBES DE PERMEABILITES

## SOLS BRUNS ROUGES

242 KO 0-50cm : Sol brun-rouge sur matériau ancien de comblement de vallée. Type limono-argileux

49 KR 0cm : Sol brun-rouge à concrétions sur matériau ancien de comblement de vallée. Type sablo-argileux

3 KR 40cm : Perméabilité sur cuirasse ferrugineuse de la série sidérolithique de l'Ader Doutchi (plateau du Continental Terminal).



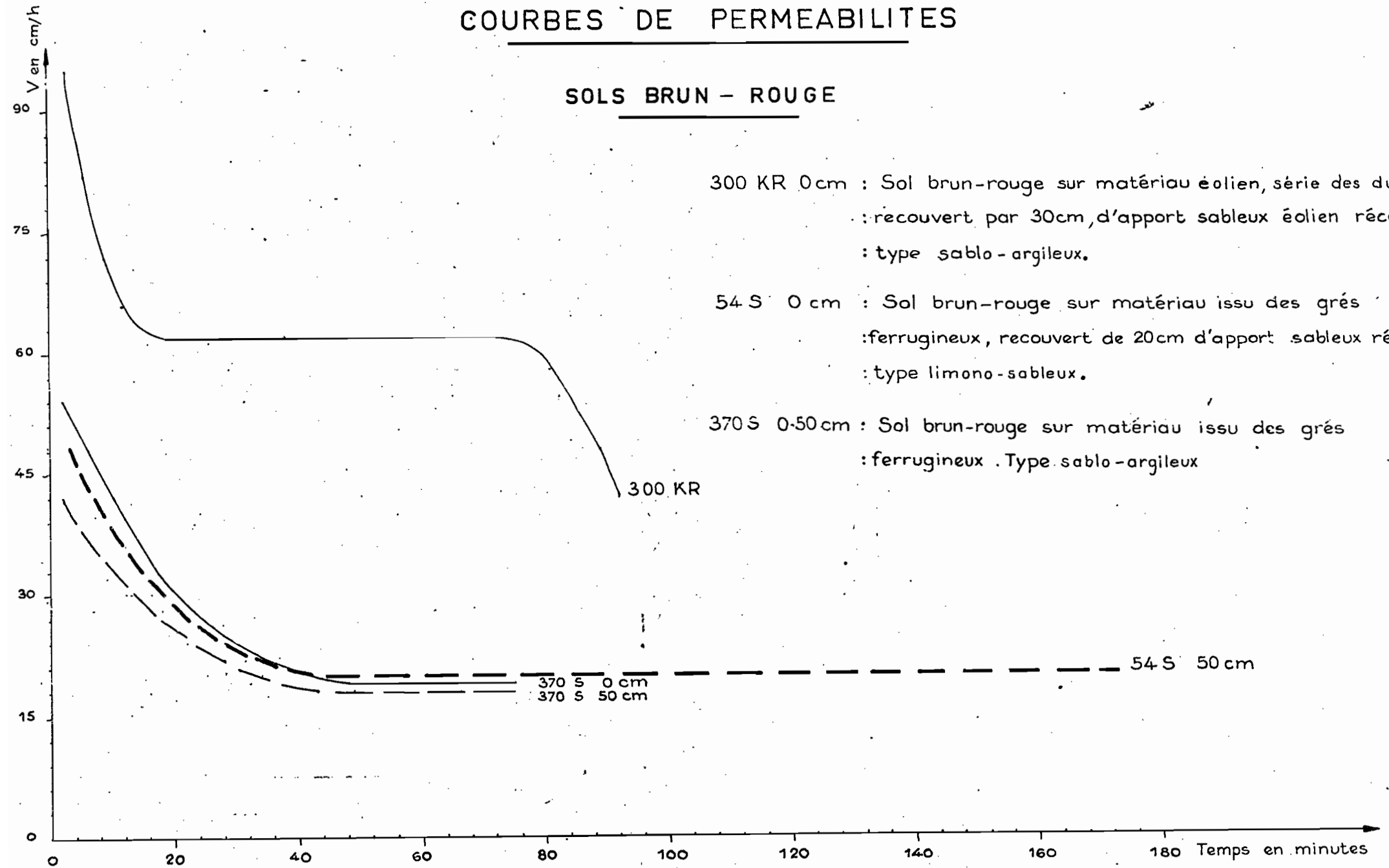
# COURBES DE PERMEABILITES

## SOLS BRUN - ROUGE

300 KR 0cm : Sol brun-rouge sur matériau éolien, série des dunes  
: recouvert par 30cm, d'apport sableux éolien récent,  
: type sablo-argileux.

54 S 0 cm : Sol brun-rouge sur matériau issu des grès  
: ferrugineux, recouvert de 20cm d'apport sableux récent,  
: type limono-sableux.

370 S 0-50cm : Sol brun-rouge sur matériau issu des grès  
: ferrugineux . Type sablo-argileux





# COURBES DE PERMEABILITES

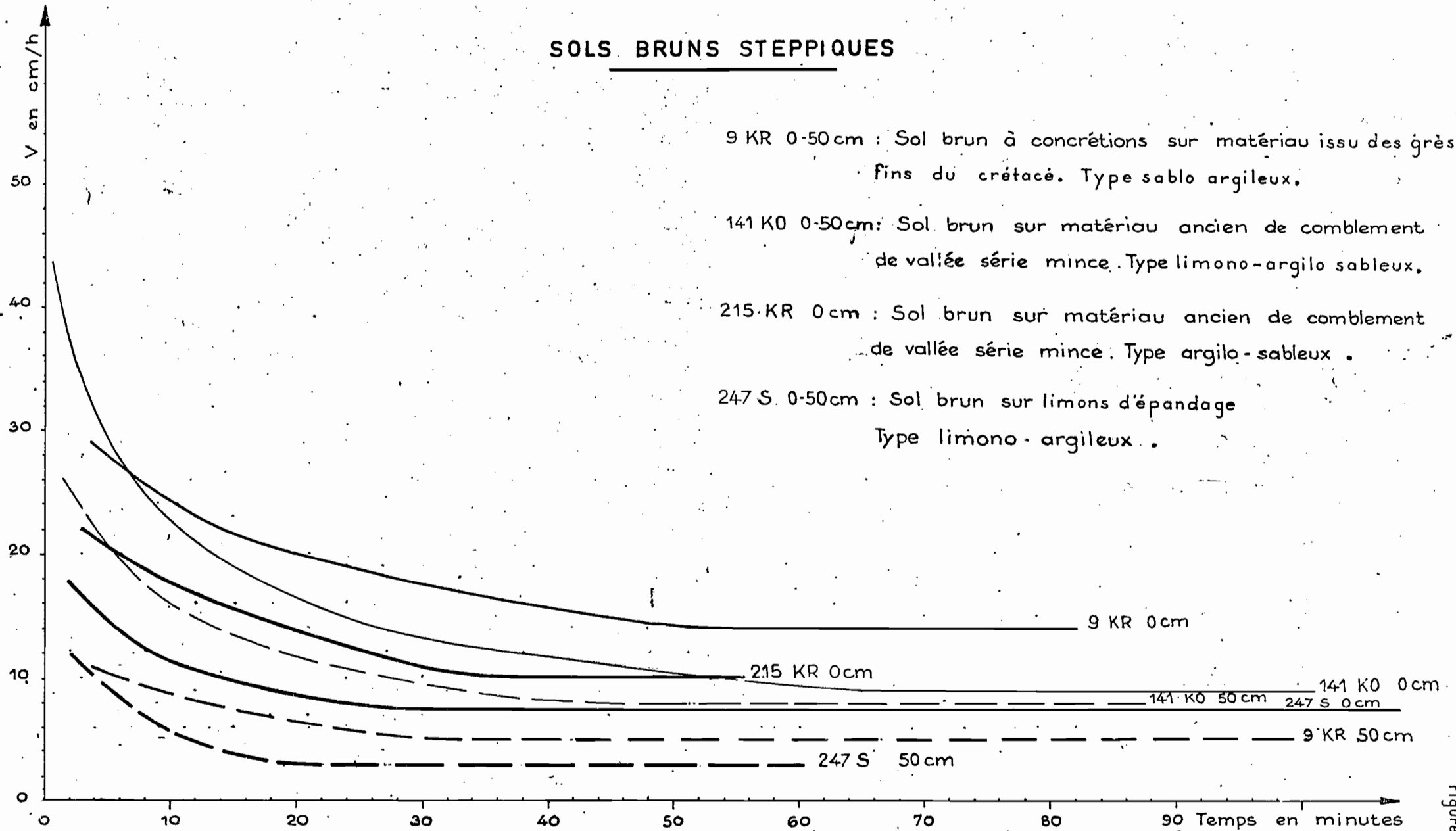
## SOLS BRUNS STEPPIQUES

9 KR 0-50 cm : Sol brun à concrétions sur matériau issu des grès fins du crétacé. Type sablo argileux.

141 K0 0-50 cm : Sol brun sur matériau ancien de comblement de vallée série mince. Type limono-argilo sableux.

215 KR 0 cm : Sol brun sur matériau ancien de comblement de vallée série mince. Type argilo-sableux.

247 S. 0-50 cm : Sol brun sur limons d'épandage. Type limono-argileux.

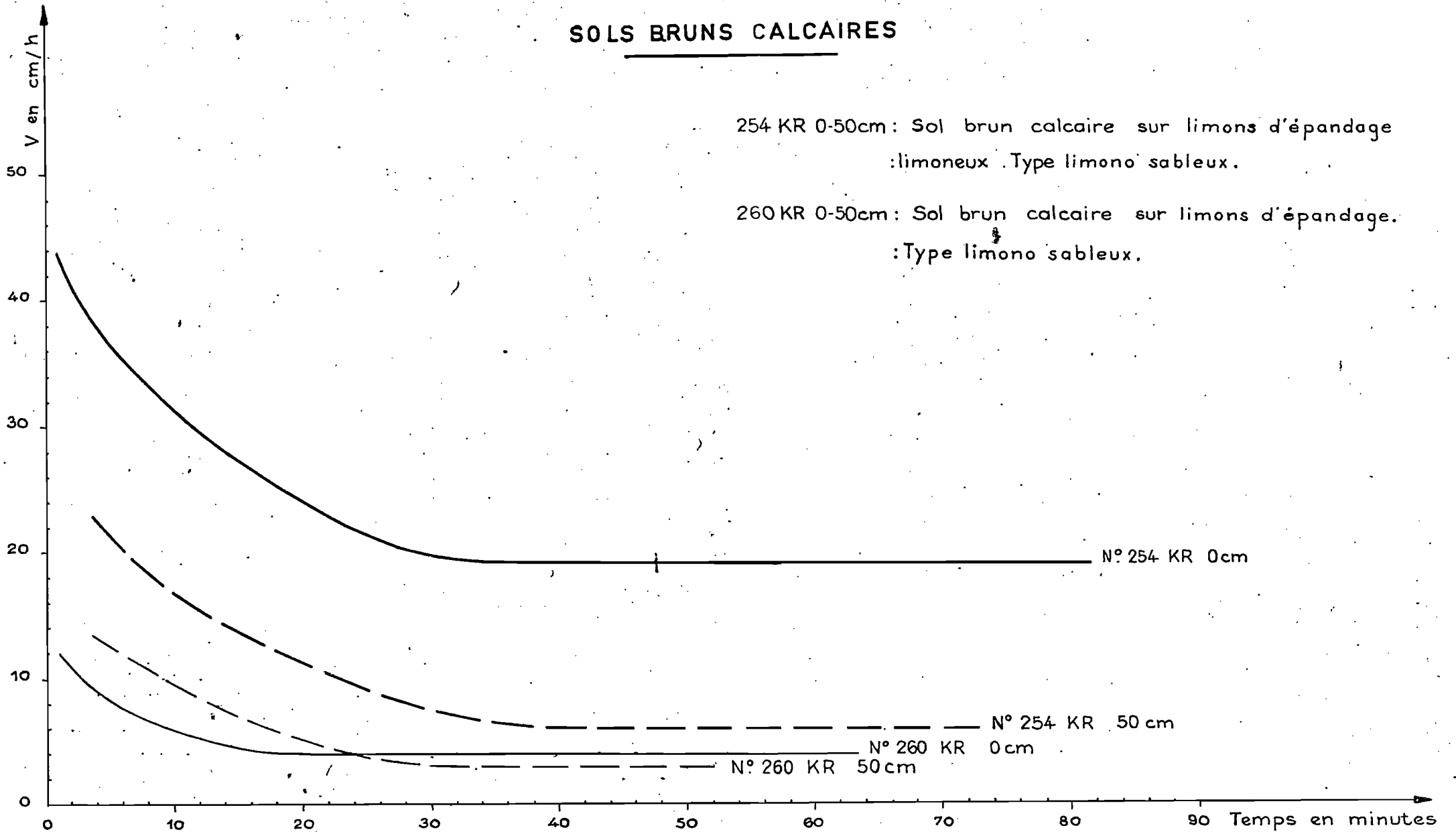


# COURBES DE PERMEABILITES

## SOLS BRUNS CALCAIRES

254 KR 0-50cm: Sol brun calcaire sur limons d'épandage  
:limoneux .Type limono sableux.

260 KR 0-50cm: Sol brun calcaire sur limons d'épandage.  
:Type limono sableux.

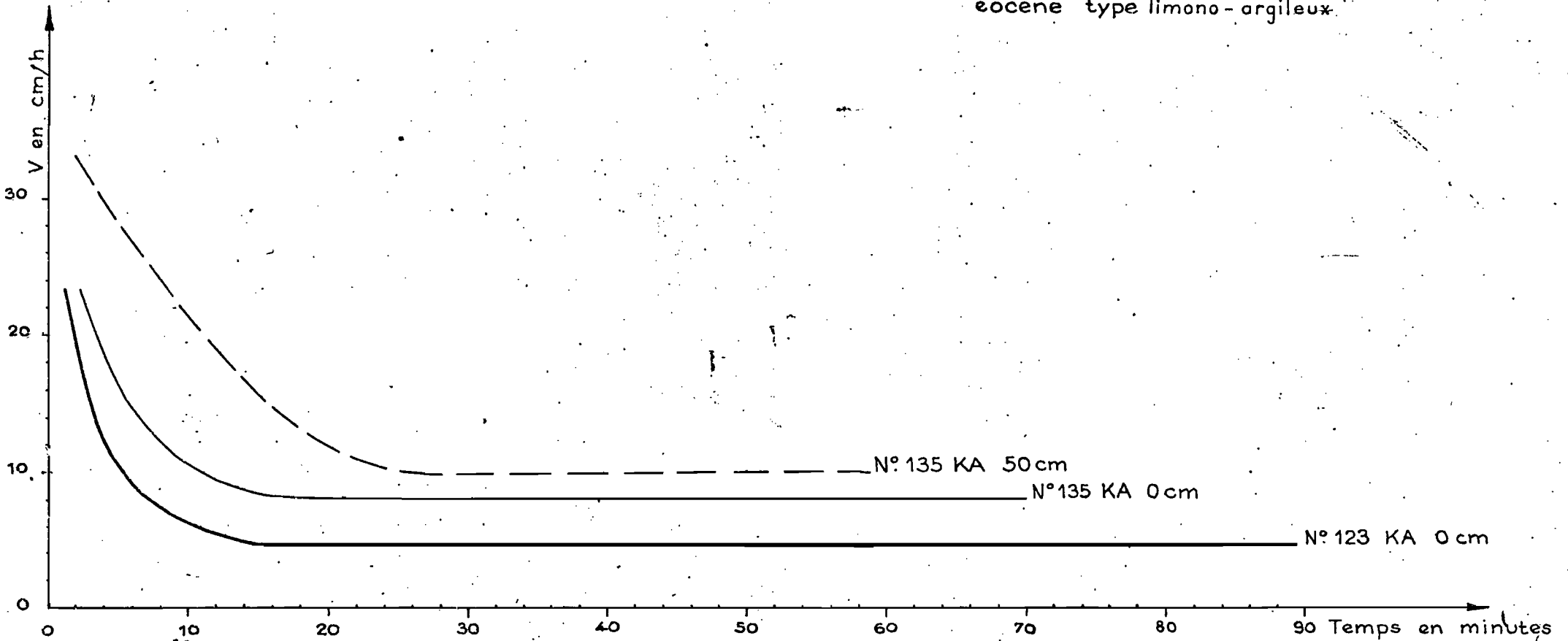


# COURBES DE PERMEABILITES

## SOLS BRUNS CALCAIRES

135 KA 0-50cm: Sol brun calcaire hydromorphe sur matériau d'origine éocène type limono-argilo-sableux

123 KA 0cm : Sol brun calcaire sur matériau d'origine éocène type limono-argileux



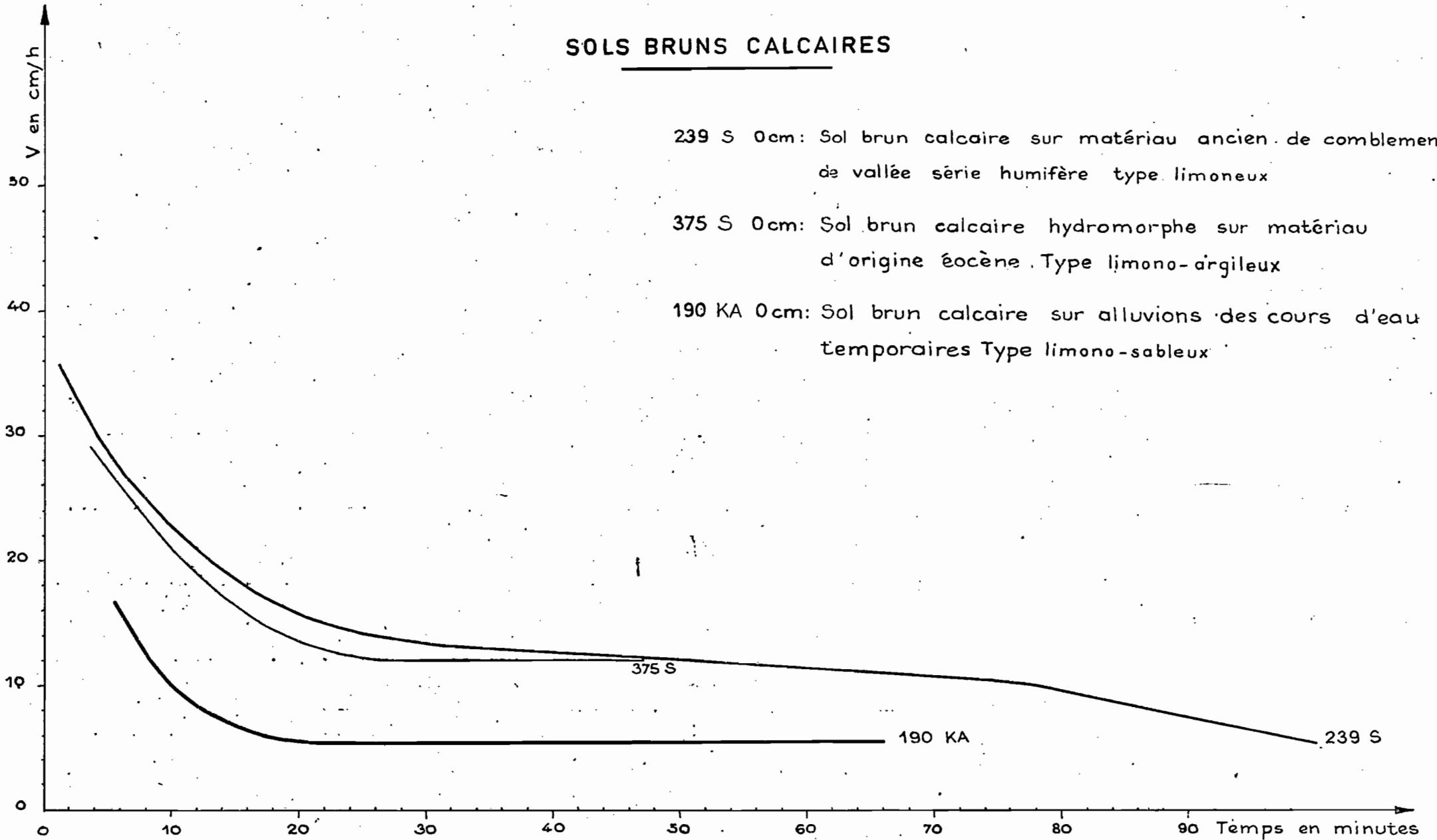
# COURBES DE PERMEABILITES

## SOLS BRUNS CALCAIRES

239 S 0cm: Sol brun calcaire sur matériau ancien de comblement de vallée série humifère type limoneux

375 S 0cm: Sol brun calcaire hydromorphe sur matériau d'origine éocène. Type limono-argileux

190 KA 0cm: Sol brun calcaire sur alluvions des cours d'eau temporaires Type limono-sableux

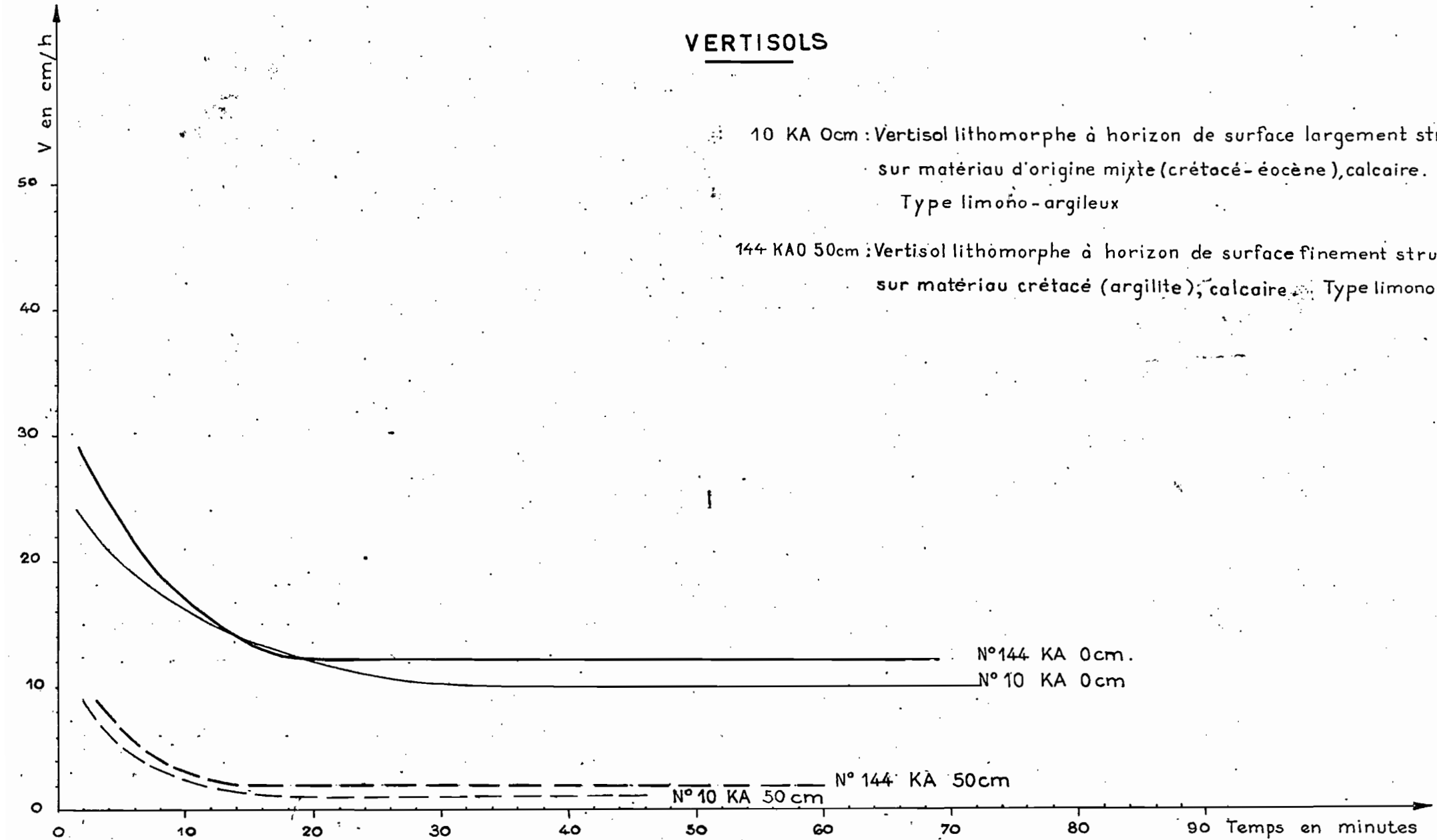


# COURBES DE PERMEABILITES

## VERTISOLS

10 KA 0cm : Vertisol lithomorphe à horizon de surface largement structuré sur matériau d'origine mixte (crétacé-éocène), calcaire. Type limono-argileux

144 KA 0cm : Vertisol lithomorphe à horizon de surface finement structuré sur matériau crétacé (argilite), calcaire. Type limono-argileux



N°144 KA 0cm.

N° 10 KA 0cm

N° 144 KA 50cm

N° 10 KA 50cm

# COURBES DE PERMEABILITES

## VERTISOLS

25 KR 0-50cm ; Vertisol lithomorphe à horizon de surface finement structuré sur matériau d'origine mixte (crétacé-éocène) calcaire.  
Type limoneux-sableux.

17 S 50cm ; Vertisol lithomorphe à horizon de surface finement structuré sur colluvions d'origine mixte. Type limoneux.

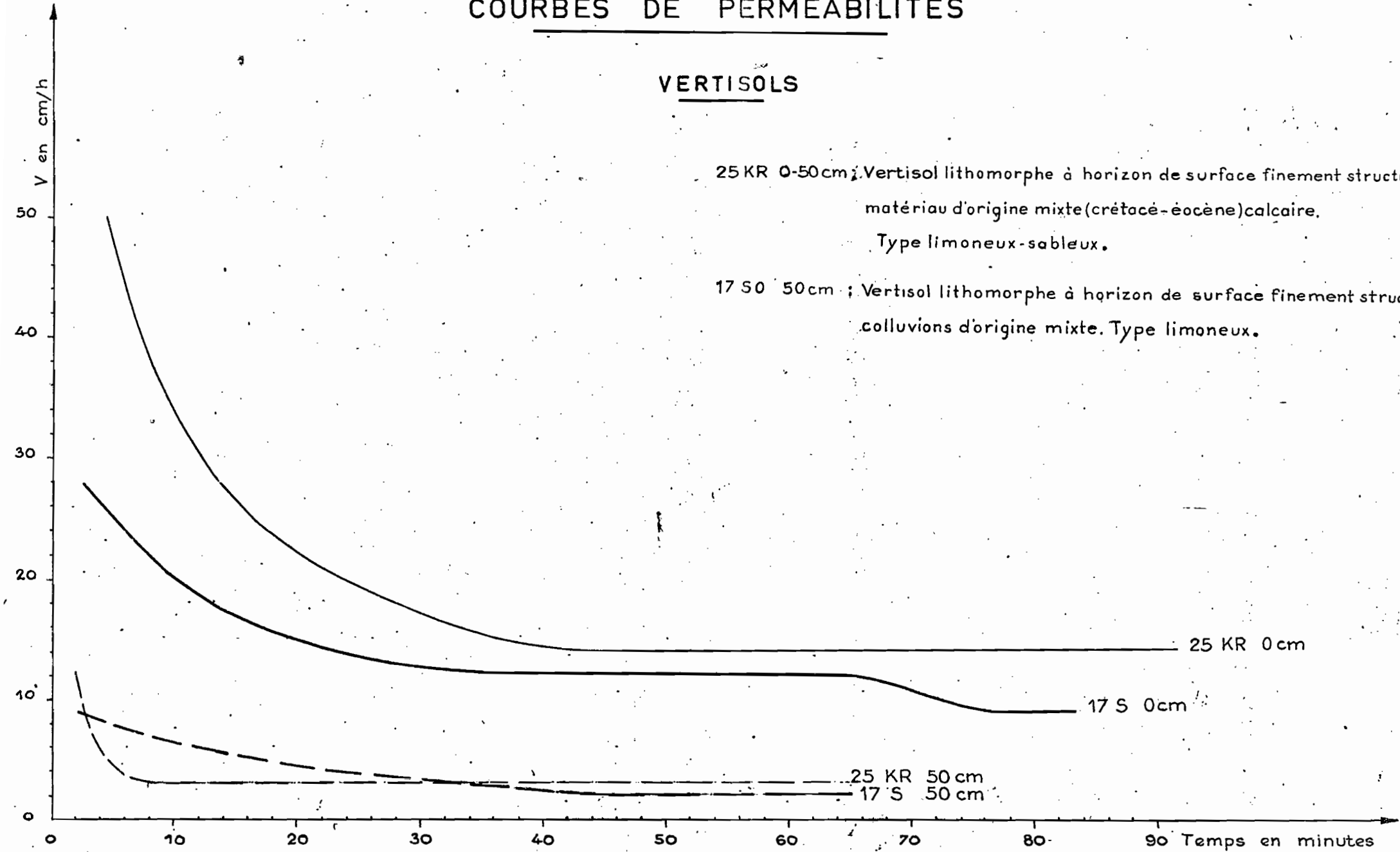


Figure 21 v 1

**CLASSE V**

Terres de valeur agronomique moyenne.

L'altération physico-chimique est forte et il y a dominance de minéraux du type kaolinite. Le pH acide nécessite des amendements calcaires. Les perméabilités sont fortes, les capacités de rétention faible. La structure est parfois instable, la teneur en matière organique faible et le rapport C/N médiocre. Le complexe absorbant est dessaturé et la capacité totale d'échange faible.

Ce sont des sols à irriguer avec précautions par petites doses répétées. Vu leur faible valeur agronomique, il ne semble pas qu'une mise en valeur coûteuse doive y être effectuée.

Suivant la topographie, l'on distingue trois sous-classes :

- Sous-classe V a

Surface à pentes inférieures à 1 % : labour suivant les courbes de niveau, épierrage ; culture : mil.

- Sous-classe V b

La pente est supérieure à 1 % - éventuellement banquettes de diversion.

- Sous-classe V c

Labour suivant les courbes de niveau - mil.

Cette classe comprend :

Les sols peu évolués sur alluvions récentes de cours d'eau temporaire, série mince ; les sols peu évolués tendant vers les sols bruns ou brun-rouge sur matériau colluvial indifférencié ; les sols bruns sur matériau ancien de comblement de vallée à recouvrement sableux ou caillouteux de surface ; les sols brun-rouge sur matériau ancien de comblement de vallée, les sols brun-rouge à concrétions sur matériau issu des grès ferrugineux de l'ADER-DOUTCHI ou sur matériau ancien de comblement de vallée.

**CLASSE IV**

Ce sont des terres de valeur moyenne à bonne.

Cette classe comprend essentiellement les sols bruns à concrétions sur matériau crétacé, de vocation mil et sorgho.

Suivant la topographie, l'on distingue les deux sous-classes :

- Sous-classe IV a  
Banquette de diversion, labour sur les courbes de niveau.
- Sous-classe IV b  
Murettes.

### CLASSE III

Torres de bonne valeur agronomique.

La fertilité potentielle est plus élevée, la fertilité actuelle moyenne : complexe absorbant partiellement dessaturé, capacité d'échange moyenne, teneur en matière organique faible. Ce sont des sols irrigables.

L'on distingue trois sous-classes :

- Sous-classe III a  
Surface à pente faible, inférieure à 1 %. L'épandage y est possible avec labour suivant les courbes de niveau. Les cultures peuvent être le sorgho, le coton et aussi les cultures maraichères.  
Les sols groupés dans cette sous-classe devront faire l'objet, dans le cadre d'une mise en valeur rationnelle, de techniques de cultures plus approfondies : apport de fumier, labour plus profond mélangeant les horizons de texture différente.
- Sous-classe III b  
Surfaces à pente variable 1 à 3 %. Cette sous-classe groupe des sols anciens à structure bien formée et qui sont sujets à l'érosion. Cette érosion le long des berges du keri pourra en partie être enrayée par la plantation d'épineux le long des bords, ou par une série de seuils en pierre. Par ailleurs, en fonction de la pente qui est variable et de la perméabilité des sols l'on prévoira des terrasses de diversion ou d'absorption par exemple les banquettes algériennes de dérivation type amortie à triple courbure espacées de 40 à 60 m, les bourrelets étant consolidés par des pierres.  
Les cultures seront ici le sorgho, le mil et parfois le coton.



• Sous-classe III c

Les surfaces disséquées ne permettent ici que l'aménagement des ravins (marottes...)

Cette classe comprend les sols suivants : sols peu évolués sur alluvions récentes des cours d'eau temporaire, série calcaire, sols peu évolués tendant vers les sols bruns sur alluvions des cours d'eau temporaire, sols bruns sur alluvions de cours d'eau temporaire ou sur matériau ancien de comblement de vallée, sur matériau issu de grès ferrugineux de l'ADER-DOUCHI, sols bruns évoluant vers les brun-rouge, sols bruns tirsifiés.

**CLASSE II**

Terre de valeur agronomique bonne à très bonne.

Ce sont essentiellement les sols bruns calcaires sur alluvions récentes des cours d'eau temporaire ou sur matériau ancien de comblement de vallée.

La fertilité potentielle est élevée (dominance de minéraux argileux du type montmorillonite). La fertilité actuelle est grande : teneur en matière organique plus élevée (supérieure à 1 %) complexe absorbant peu dessaturé. La perméabilité est moyenne.

La pente est faible (1 %).

Ce sont des terres aptes à la culture du sorgho, du coton. Les cultures seront en courbes de niveau.

**CLASSE I**

Terres de très bonne valeur agronomique dont l'utilisation imposera souvent des travaux de conservation ou de drainage.

Ce sont des sols à faible altération physico-chimique à dominance de minéraux du type montmorillonite. La fertilité potentielle est élevée ainsi que la fertilité actuelle : complexe absorbant pratiquement saturé, capacité d'échange très élevée, teneur en matière organique élevée, teneur en calcaire généralement forte.

Suivant la pente et les travaux nécessaires, nous distinguerons plusieurs sous-classes :

• Sous-classe I a

La pente est très faible (inférieur à 1 %). Cette sous-classe comprendra des sols des perméabilité très différente. Les uns perméables et parfois très perméables devront être irrigués avec précaution. Ce sont :

- les sols peu évolués sur alluvions récentes des cours d'eau temporaires, ou sur matériau alluvial, les sols peu évolués à tendance brun calcaire sur alluvions récentes des cours d'eau temporaires ou sur matériau issu de l'Eocène. Ces sols peu évolués sont formés de strates de texture et perméabilité très variables.
- les sols bruns calcaires sur matériau ancien de comblement de vallée, sur matériau d'épandage limoneux, sur matériau colluvial indifférencié.

Les autres sols sont au contraire peu perméables ou très peu perméables. Ce sont dans le premier cas les sols bruns tirsifiés sur matériau ancien de comblement de vallée, sur alluvions des cours d'eau temporaires, dans le deuxième cas les vertisols topomorphes. Dans ces derniers sols, la perméabilité très faible et la structure compacte du sol imposent des travaux d'assainissement du sol (labours profonds, incorporation d'engrais, paillis destiné à améliorer la structure, écobuage).

La spéculation type sera dans les deux cas : sorgho, coton, éventuellement le tabac, oignons...

• Sous-classe I b

La pente est encore faible. Le problème ici n'est pas tant de freiner l'érosion que de permettre à l'eau de s'infiltrer au lieu de ruisseler, de façon à ce que le sol emmagasine suffisamment d'eau pour permettre des cultures telles que le sorgho et surtout le coton : l'on pourrait donc envisager des banquettes algériennes de dérivation, à profil amorti et à triple courbure espacées de 60 à 70 m. Ce système a l'avantage d'offrir une surface d'infiltration assez grande. En outre la totalité de la surface est cultivable.

Cette sous-classe comprend des sols peu évolués sur matériau issu de l'Eocène, sur matériau d'origine colluvial série calcaire des sols peu évolués à tendance sols bruns calcaires sur matériau colluvial influencé par l'Eocène, des rendzines, des sols bruns calcaires sur matériau ancien de comblement de vallée ou sur matériau issu de l'Eocène, des sols bruns calcaires hydromorphes, des sols bruns sur matériau crétacé et bruns tirsifiés sur matériau issu de l'Eocène, et surtout des vertisols lithomorphes.

• Sous-classe I c

Ici la pente varie de 6 à 8 %. L'on y rencontre surtout des vertisols lithomorphes. Il est donc nécessaire d'installer des banquettes algériennes de dérivation, à profil amorti et à double courbure : ce système permet en effet de cultiver entièrement la banquette, notamment à l'endroit du bourrelet où l'accumulation d'eau est maxima (intérêt pour la culture du coton par exemple). Le bourrelet pourra être fait avec la terre des horizons supérieurs, consolidée à la rigueur avec des pierres. Mais cela ne semble pas une obligation car la stabilité structurale et la tenue à l'eau semblent bonnes. La sol devra être labouré pour permettre l'infiltration de l'eau. L'espacement des banquettes sera de 30 à 35 mètres.

Le sorgho y sera cultivé. Il serait intéressant d'y essayer aussi la culture du coton pour laquelle le problème de l'eau en fin de saison de pluies est cependant délicat.

• Sous-classe I d

Ce sont surtout des vertisols lithomorphes et l'association rendzines, sols bruns calcaires, tirsifiés, sols lithiques.

La pente varie de 10 à 15 %. L'on peut y installer des banquettes de dérivation à fond inversé en V à talus coupé, les surfaces cultivables seront ainsi plus grandes, la forme inversée protégeant le bourrelet qui en climat aride ou semi aride constitue une zone très fragile. L'on pourra essayer la plantation sur le bourrelet, dans la zone aval, d'eucalyptus salmonophloia, qui semble adapté au climat de cette région du NIGER.

L'espacement des banquettes pourra être de 20 à 28 m.

• Sous-classe I e

Cette sous-classe est caractérisée par une très grande hétérogénéité : les surfaces sont disséquées et le micro relief très accidenté.

L'utilisation la plus efficace de ces zones semble être de barrer les ravins qui les sillonnent de façon à accumuler les débris de l'érosion derrière des murettes de pierres seches : les limons résultats de l'érosion de ces sols, peuvent en effet donner des sols très fertiles.

## CONCLUSION

Nous avons décrit les différents aménagements qui nous semblent utiles, mais il est évident que les considérations locales, humaines autant que techniques peuvent faire prévaloir des travaux nécessitant une technicité beaucoup moins poussée. Dans cet ordre d'idée, nous pensons qu'il serait utile d'étudier les différents aménagements exécutés par les paysans eux-mêmes, de s'en inspirer et au besoin de les corriger et perfectionner, ceci surtout lorsque les surfaces à traiter sont restreintes.

D'autre part, nous avons insisté particulièrement sur la mise en valeur des vertisols lithomorphes : nous pensons en effet qu'ils représentent de grandes superficies dignes d'être mises en valeur à cause de la richesse des sols. Les autres sols occupent des surfaces plus restreintes et morcelées et présentent une valeur agronomique bien plus faible.

oOo

## C O N C L U S I O N

Si les divers types de sols décrits précédemment se rencontrent dans tous les bassins versants, leur fréquence et leur importance varient cependant beaucoup d'un bassin à un autre. Aussi est-il nécessaire de résumer très brièvement les caractéristiques pédologiques et agronomiques de chaque Bassin Versant.

### BASSIN DE KAORA

Il y a ici prédominance de sols brun-rouge sur matériau issu des grès ferrugineux, de sols minéraux bruts sur cuirasse ferrugineuse, de sols peu évolués à tendance brun calcaire.

La caractéristique essentielle de ce bassin est le recouvrement quasi général des sols par une pellicule peu épaisse (5 cm en général) de sable gris noir très oolithique. Cette présence ne change guère les caractéristiques hydrodynamiques des sols, car les horizons sous-jacents sont eux-mêmes très perméables.

Les pentes des sols exploitables sont relativement faibles = 1 % dans le fond de la vallée, 3, 4 et jusqu'à 7 % pour certaines zones de versants.

C'est le plus petit bassin (1511 ha). C'est aussi du point de vue agronomique le moins intéressant.

L'amont est pratiquement occupé par des sols minéraux bruts ou brun-rouge érodés très minces, qui sont groupés dans la classe XI des valeurs agricoles : aucune mise en valeur ne doit donc y être envisagée.

Le milieu du bassin, au débouché dans la plaine est occupé en grande partie par des sols de classe V ou VII, de valeur agricole très médiocre.

L'aval du bassin, comprend une bande plus riche (classe II) mais de superficie assez réduite et limitée par une zone de terre de valeur très médiocre.

Enfin il semble que dans cette vallée, deux petites zones méritent d'être examinées plus attentivement outre la bande aval dont nous venons de parler :

- au Sud-Ouest une zone riche (classe Ic à Id) comprenant des vertisols et sols bruns tirsifiés dont nous ne connaissons du reste pas les pentes.
- à l'Est une zone également de sols riches (classe Ic à Id) de pente variable oscillant de 1 % à 6 %. Il semble que l'on pourrait y envisager l'aménagement des ravins : murettes et diguettes de pierres sèches permettant l'accumulation de limons, de l'érosion de l'interfluve éocène qui donnent des sols très riches. Notons que les paysans ont déjà essayé des aménagements rustiques : lignes de pierres par exemple, qui, du reste retiennent effectivement de faibles quantités de limons.

#### BASSINS DE SOKOLE - AGOULOUM

##### Bassin de SOKOLE

C'est un bassin très vaste (2 400 ha), et offrant une grande variété de types de sols : par suite de cette hétérogénéité, il est difficile d'y trouver des surfaces suffisamment grandes pour pouvoir être exploitées.

A l'amont et sur les versants prédominent les sols minéraux bruts sur cuirasse ferrugineuse (buttes crétacées) les sols brun-rouge, les sols calcomagnésimorphes ; dans l'axe de la vallée, nous trouvons évidemment quelques sols bruns sur terrasse alluviale, des sols peu évolués d'apport sur la basse terrasse et quelques sols peu évolués à tendance brun-rouge.

A l'aval, à proximité du confluent de la vallée avec celle d'AGOULOUM, nous trouvons principalement des sols bruns, peu évolués à tendance brun ou brun calcaire, des sols bruns calcaires, des sols peu évolués sur formations alluviales de cours d'eau temporaires.

Les pentes sont très variables : 1 à 2 % dans l'axe de la vallée, elles atteignent 5 % et même 10 à 15 % sur les versants.

En règle générale, malgré la qualité moyenne des sols il est très difficile d'envisager des aménagements dans ce bassin par suite d'une part de l'hétérogénéité des terres, d'autre part et surtout à cause du relief très mouvementé et de la présence de nombreux ravins, ravineaux, gullies. En tenant compte de cet état de fait, l'aménagement d'une telle région demanderait plusieurs années de travaux dont les résultats n'apparaîtraient qu'au bout d'un laps de temps assez long.

Cependant à l'aval une plaine d'épandage mérite un examen plus attentif : c'est la zone située au coin Sud-Est de la vallée à proximité du confluent avec la vallée d'AGOULOUM, plaine située au Nord du point d'intersection de la piste Sokolé-Tamaské avec le Kori de Sokolé. La pente y est faible (1 %) et l'on pourrait envisager d'y épandre l'eau du Kori : le problème est alors d'ordre hydraulique.

Une autre zone mérite une étude également plus poussée : c'est la symétrique de la précédente par rapport au Kori : la pente est faible (inférieure à 1 %) et la même solution que précédemment pourrait y être envisagée : cette surface est en effet une zone d'épandage possible. Elle est cependant plus vaste, et débute dans une échancrure du versant par une petite plaine formée par des éperons du Crétacé qui délimitent ainsi un cirque : c'est à cet endroit que la piste menant directement à Tamaské dans la vallée de Sokolé pénètre dans cette dernière vallée. La pente y est de l'ordre de 3 %, et l'on pourrait envisager sur ces sols de classe IIIb des aménagements du type banquette algérienne de dérivation, type amorti à double ou triple courbure, espacés de 65 à 70 m environ : l'avantage de ce système a été décrit précédemment.

Les versants de cette vallée sont difficilement aménageables car trop hétérogènes.

### Bassin d'AGOULOUM

Il est surtout occupé par des sols peu évolués d'apport à l'amont des sols bruns ou peu évolués à tendance brun à l'aval, et limité vers le Nord, à la lisière du plateau par une bande de collines dunaires anciennes dont les débris par suite de l'érosion, vont ensabler les sols alluviaux situés au Sud et à l'aval.

La pente est très faible (inférieure à 1 %) et la majorité du bassin est occupé par des sols de classe Ia.

Deux remarques s'imposent ici :

- C'est une zone typique d'épandage et que l'on a du reste essayé d'utiliser comme telle mais le barrage construit à l'amont de la vallée sur le Kori principal est détruit à chaque grosse crue.

- Il faut essayer d'enrayer l'ensablement des terres par les eaux de ruissellement venant des collines dunaires de la frange Nord : des aménagements restreints pourraient y être essayés en barrant les ravineaux qui débouchent entre les collines quitte à surélever à chaque saison le niveau de la diguette, et peut-être en envisageant dans un but uniquement anti-érosif et préventif des banquettes d'absorption sur les collines dunaires, avec plantation d'épincux sur les bourrelets.

Une zone a été étudiée plus attentivement : c'est celle qui se trouve à l'aval de la vallée, au Sud-Ouest du Kori. Constituée par des sols de classe I et III, c'est essentiellement une surface d'épandage où l'érosion semble peu active mais où l'eau y ruisselle facilement, une mince pellicule de glaçage en surface imperméabilisant plus ou moins ces sols. La pente y est faible et l'on pourrait y envisager l'installation de banquettes algériennes de dérivation de type amorti.

La superficie cartographique est de l'ordre de 1 240 ha.

#### BASSIN DE KOUNKOUZOUT

Une nette distinction doit être faite entre l'amont et l'aval du bassin, d'une part, entre la rive gauche et la rive droite d'autre part.

En amont, il y a dominance de sols brun-rouge et de sols peu évolués à tendance brun-rouge. En aval, ce sont les sols bruns, bruns tirsifiés, calcomagnésimorphes qui dominent.

Sur la rive droite les sols sont profonds, sur la rive gauche, plus minces, plus érodés et squelettiques.

Ces distinctions se retrouvent dans la répartition en classes de valeur agronomique : à l'amont de la vallée et au Nord du Kori, c'est la classe VIII qui domine. Au Sud du Kori, la classe V l'emporte tandis qu'à l'aval de la vallée, la classe I domine.

Les pentes sont généralement faibles 1 à 2,5 % le versant étant réduit.

Les zones de classe I, de pente 2 à 2,5 % peuvent être aménagées suivant les indications données précédemment car elles représentent des surfaces assez grandes (banquette algérienne type amorti à triple courbure). Par contre, nous n'avons pas reconnu de zones d'épandage d'importance suffisante pour être utilisées.

Les vastes espaces de sols de classe V ne méritent pas à notre avis d'autres aménagements que ceux que leur apportent les paysans eux-mêmes, que l'on pourrait peut-être du reste améliorer (lignes de pierres, diguettes sommaires).

La surface cartographiée est de l'ordre de 2 400 ha.



### BASSIN DE KORE

La caractéristique essentielle de ce bassin est d'une part la présence le long des versants d'une bande pratiquement continue et large de vertisols lithomorphes, et d'autre part, d'une grande variété et hétérogénéité des sols dans la vallée : sols brun-rouge, sols bruns, sols bruns à concrétions, sols minéraux bruts sur les éperons gréseux du Crétacé, tandis qu'à l'aval de la plaine les sols bruns calcaires, vertisols topomorphes et sols bruns tirsifiés dominent.

En conséquence, ce sont les classes I et III qui dominent. Nous ne reviendrons pas ici sur les aménagements qui semblent nécessaires pour utiliser les sols de classe I, (vertisols lithomorphes) : la mise en valeur de ces sols est possible et souhaitable.

Les aménagements possibles sur les sols de classe III (pente de 3 %) ont également été étudiés précédemment.

En résumé, ce bassin est au point de vue agricole le bassin le plus riche : il donne déjà un aperçu de la vallée de la MAGGIA par ses terres à fertilité élevée de l'aval. Il résume par sa variété et la présence de la bande de vertisols lithomorphes les autres bassins versants de la MAGGIA qui offrent souvent les mêmes caractéristiques. C'est donc un champ d'expérience de lutte anti-érosive et de mise en valeur assez intéressant.

La superficie cartographiée est de l'ordre de 3 800 ha.

### PRINCIPE D'UNE MISE EN VALEUR RATIONNELLE

Le choix de ces bassins versants comme bassins expérimentaux peut être sujet critique. Il est en effet évident que les bassins de KAORA, SOKOLE ou même KOUNKOUZOUT offrent peu de sites d'aménagement destinés à servir d'exemple et à être reproduits par la suite en d'autres endroits offrant des conditions analogues. Car ces sites requièrent à la fois diverses exigences :

- Facilité relative d'exécution (de façon à ce que les travaux soient mis à la portée des paysans locaux),
- Faculté d'être reproductibles de façon à ce que les résultats de l'expérience puissent être utilisés facilement sur un autre chantier.
- Possibilité d'obtenir des résultats en un laps de temps assez court de façon à montrer d'une façon visible aux populations locales l'intérêt de tels travaux.

Seul le bassin de KORE mériterait, à ces divers points de vue d'être aménagé bien qu'il soit fort possible et même probable que d'autres bassins versants, situés non loin de KORE, offrent des possibilités d'aménagement meilleures.

D'autre part, comme cela a été vu précédemment, un site d'aménagement doit être entre autre assez facile d'exécution et demander une technicité assez réduite. En ce sens, il est possible que nombre d'aménagements que nous préconisons ne soit pas exécutables dans l'immédiat où l'on préférera des travaux plus simples sinon plus rentables : il est évident que nous avons proposé ce qui est souhaitable d'obtenir ou de faire dans l'avenir en laissant aux responsables le soin d'adopter le meilleur système compte tenu des données du moment : humaines, sociologiques, économiques ou politiques.

oOo