

Conception et réalisation d'une carte d'aptitudes culturelles, à propos de la cartographie des sols de la vallée de la Bénoué au Cameroun

Jean-Pierre MULLER, Michel GAVAUD

*Pédologues de l'ORSTOM,
ORSTOM, B.P. 1857, Yaoundé, République Unie du Cameroun*

RÉSUMÉ

La cartographie des alluvions de la Bénoué au Cameroun devait donner une première estimation du potentiel agricole, du volume des travaux et des points d'implantation convenant aux utilisateurs éventuels. Concrètement une carte d'aptitudes culturelles a été établie, rendant pertinente (données immédiatement utilisables) une information pédologique triée, augmentée de données socio-économiques et physiographiques.

Après une collecte d'informations sur le contexte agricole actuel, un classement des terres à deux degrés s'est avéré nécessaire pour tenir compte des aptitudes actuelle et potentielle correspondant à des modes d'exploitation traditionnel ou moderne. Des subdivisions décrivent l'aptitude globale relativement aux travaux proposés, les niveaux de cette aptitude estimant la fertilité et faisant mention des principales contraintes édaphiques.

Les cultures se regroupant par affinités physiologiques sur des éléments de terroirs possédant une forte expression physiographique et écologique, des secteurs écologiques, unités de terrain, ont été déterminés par une certaine homogénéité de formes topographiques, de types de végétation, de degrés d'évolution pédologique et de drainage. Pour chaque secteur on peut relever ou prévoir une liste de cultures ayant des exigences communes.

La sélection des contraintes édaphiques résulte d'une combinaison d'observations directes et de relevés

bibliographiques extrapolés à la Bénoué par le moyen de ressemblances écologiques. Leur expression (numérotation et dénomination) a été codifiée.

Le classement des unités pédologiques résulte d'une procédure en quatre étapes comprenant successivement le dessin des secteurs écologiques ou synthèse géographique, le choix des « classes » dans chaque degré, utilisant des valeurs discriminantes de caractères édaphiques, la définition de sous-classes par compensation entre divers facteurs de fertilité, enfin la caractérisation d'unités d'utilisation par un étiquetage des sous-classes donnant les points faibles de chaque terre.

La réalisation cartographique a nécessité une forte condensation de la représentation des unités d'utilisation en six ensembles simples à laquelle se superpose celle des secteurs écologiques, afin qu'au prix d'un effort minime le lecteur puisse lire sur la carte les résultats prévisibles d'un ensemble de cultures dans un milieu physique et un contexte agronomique bien précis.

ABSTRACT

The Benue River alluvium mapping, in Cameroon, was intended for a first estimate of agricultural potential, of improving works and of settlements for possible users. Accordingly an agronomic land capabilities map has been drawn out of relevant pedologic, physiographic, socio-economic informations.

From an inquiry about current agronomic uses the inference was drawn it was necessary to make a land

classification with two level, each of them corresponding either to actual capabilities in traditional system, either to potential capabilities with modern rules. Further subdivisions describe successively levels of global capability with reference to improving works, then degrees of the capability in terms of fertility, then main edaphic limitations.

Cultivated plants cluster according to physiologic affinities on soils areas (French : *terroir*) characterized by strong and specific physiographic and ecologic features. Such field units, so-called « ecologic sectors », have been defined by stated uniformity of topographic forms, vegetation types, pedologic evolution degrees, drainage patterns. It is possible to collect or predict a list of cultivated plants with common requirements for each « sector ».

The choice of soils specific limitations depends on a combination of field and bibliographic data, the latter being extrapolated to Benue's soils by mean of ecologic likeness. Their nomenclature and numeration have been normalized.

The land classification is a four-stepped process involving successively : The ecologic sectors drawing which is a geographic synthesis in a way, the choice of « classes » for each level by mean of discriminant edaphic factors, the definition of « subclasses » by mean of compensation among « fertility » factors, finally the characterization of land-use units by mean of a more enumeration of lands limitations.

The cartographic lay-out has imposed a shortening of land-use units into six simple groups to which the « ecologic sectors » are superimposed. It is hoped that the map deciphering delivers, with minor stress for the reader, yields qualitative estimations with regard to precise physical and agronomic conditions.

PLAN

1. LE PROBLÈME

2. LA CONCEPTION

- 2.1. La démarche
- 2.2. Le cadre général du classement d'aptitudes
- 2.3. Les secteurs écologiques
- 2.4. Le catalogue des contraintes
- 2.5. La procédure de classement
- 2.6. La réalisation cartographique

3. LA RÉALISATION

- 3.1. Le cadre général du classement d'aptitudes
 - 3.1.1. Le contexte agricole actuel
 - 3.1.2. Les degrés de classement des terres et les travaux correspondants

- 3.1.2.1. Premier degré : Aptitude actuelle
- 3.1.2.2. Second degré : Aptitude potentielle
- 3.1.2.3. Classement des unités élémentaires ou classement d'aptitudes

- 3.2. Les secteurs écologiques
- 3.3. Sélection et codification des contraintes édaphiques
- 3.4. Le classement des terres et légende de la carte d'aptitudes.

1. LE PROBLÈME

La cartographie des alluvions de la Bénoué fut entreprise pour les besoins de la Direction du Plan et de l'Aménagement au Cameroun et ses caractéristiques techniques furent définies conjointement avec cet organisme. Établie à un stade très précoce de l'aménagement projeté, un barrage hydro-agricole, pour lequel toutes les options n'étaient pas encore prises, la carte devait être assez générale pour suffire à divers choix mais toutefois être assez précise pour donner une première estimation du potentiel agricole, du volume des travaux, des points d'implantation convenant aux utilisateurs éventuels. On choisit en conséquence de faire une reconnaissance détaillée des sols en les répertoriant au niveau de la série dans toutes leurs caractéristiques morphologiques, chimiques et physiques usuelles. Le choix de l'échelle, à 1/25 000, et de la surface, 40 000 ha, furent l'objet d'un compromis imposé par les crédits disponibles. Rapidement les services purement agricoles nous firent part de leur préférence pour un document plus concret. Intéressés surtout par le choix et par l'implantation des cultures ils imposèrent une carte d'aptitudes culturales dont nous présentons ci-dessous la conception et la réalisation.

2. LA CONCEPTION

2.1. La démarche

Les domaines pédologiques et agronomiques ne se recoupent pas suffisamment pour qu'on néglige de transformer l'information pédologique en données immédiatement utilisables. Quatre opérations regroupent les manipulations effectuées à ce propos :

- ajouter des données socio-économiques
- ajouter des données physiographiques
- conserver les seules données pédologiques utiles, la carte pédologique ayant été conçue à toutes fins

— rendre pertinente l'information ainsi augmentée et triée.

Elles correspondent respectivement aux étapes suivantes de l'élaboration de la carte d'aptitudes :

— confection du cadre général du classement d'aptitudes,

— définition de « secteurs écologiques »,

— confection d'un catalogue raisonné et d'un tableau des contraintes édaphiques,

— mise au point de procédures de classement, s'achevant par la réalisation cartographique elle-même.

2.2. Le cadre général du classement d'aptitudes

Après enquête auprès des services concernés (Agriculture, Génie Rural, Eaux et Forêts, Faune, Elevage) on disposait des éléments suivants :

— l'aménagement devait simultanément promouvoir des cultures industrielles mécanisées sur de grandes surfaces et améliorer un paysannat vivrier traditionnel ;

— un pastoralisme extensif utilisait la majorité des terres ;

— l'aménagement ne permettrait qu'une maîtrise partielle des eaux ;

— coûts et rendements étaient peu connus ; on souhaitait cependant avoir des échelles qualitatives des difficultés à surmonter et des rendements à espérer, dans le contexte économique du moment ;

— des listes incomplètes des cultures et travaux envisagés.

On résolut en conséquence d'établir un classement des terres à deux « degrés » pour user de la terminologie du colloque de Wageningen (Brinkman R. *et al.*, F.A.O., 1973) :

— le premier degré correspond à une classification d'aptitudes actuelles mesurées par une estimation qualitative des rendements au prix de travaux courants ou éventuellement accessibles, en régime agronomique traditionnel, alors le seul en usage sur des terres à l'état de nature ;

— le second degré correspond à une classification d'aptitudes potentielles réalisables après bonification ou travaux en régime agronomique intensif, également estimées de façon qualitative.

Chaque degré est divisé en trois « classes » décrivant l'aptitude globale relativement aux travaux envisagés (terres aptes, aptes sous conditions, inaptées). Chaque classe est divisée en « sous-classes » décrivant les niveaux de cette aptitude, ou, plus concrètement, estimant la fertilité. Là auraient dû prendre place des évaluations de rendements fautes desquelles on dut se contenter de trois classes qualitatives (bonne, moyenne, mauvaise). Finalement un nombre indéfini (en compréhension) d'unités d'utilisation fait mention de diverses contraintes secondaires.

Le problème de l'élevage fut éludé faute d'étude agrostologique et parce qu'il soulevait des questions foncières hors de notre compétence. Pour la faune et les forêts, fort détruites déjà, quelques possibilités de réserves hors classification ont été prévues.

2.3. Les secteurs écologiques

Les cartes d'aptitudes, précaires par nature, le sont davantage lorsqu'elles s'appuient plus sur l'expérience et l'érudition des pédologues que sur l'expérimentation agronomique, absente de tout le périmètre. Des omissions sont possibles, la plasticité variétale et les facteurs phytosanitaires ne sont pas envisagés ou pris en compte. Il est possible néanmoins de donner aux cartes d'aptitudes un cadre assez sûr en tirant parti de ce que dans un milieu naturel peu modifié, ce qui est le cas de la Bénoué pour longtemps encore, les cultures se regroupent, par affinités physiologiques, sur des éléments de terroir possédant une forte expression physiographique et écologique lorsqu'ils sont vierges encore. Ces unités de terrain, que l'on baptisera « secteurs écologiques », sont définies par une certaine homogénéité de formes topographiques (berge, levée, plaine d'inondation...), de type de végétation (forêt, savane inondée...), de degré d'évolution pédologique mesuré ici surtout par l'hydromorphose, de régime de drainage. Pour chaque secteur on peut relever ou prévoir une liste de cultures ayant des exigences communes, que l'on peut commodément représenter par celles de quelques espèces clés. On prévoit que toutes les réactions spécifiques ou variétales des plantes seront définies et homogènes pour chaque secteur. Toute omission est compensée par la mention d'espèces physiologiquement apparentées ; toute introduction est prévue de même façon. La plasticité variétale peut être indiquée par la présence d'une même plante sur plusieurs listes. Enfin la notion de secteur écologique simplifie considérablement les procédures de classement comme on le verra ci-après. Elle est également

conforme à des positions économiques que nous croyons raisonnables car leur effacement implique des investissements très élevés.

2.4. Le catalogue des contraintes édaphiques

La sélection des caractères édaphiques, favorisant ou défavorisant (contraintes), résulte d'une combinaison d'observations directes et de relevés bibliographiques extrapolés sur la Bénoué par le moyen de ressemblances écologiques. Toutes leurs échelles de variations sont semblablement normalisées dans la numérotation et la dénomination de leurs échelons. Les bornes de ces derniers tiennent compte, autant que possible, de valeurs critiques pour l'extension des secteurs, de la répartition des cultures, de l'apparition de toxicités ou de carences. Ce catalogue, présenté dans un tableau à double entrée sol/contraintes, pourrait éventuellement servir de base à une légende d'une « carte des contraintes édaphiques » ou d'une « carte des ressources en sols » (Fauck, 1975). Ces documents sont moins contingents qu'une carte des aptitudes, du moins en apparence, et ont de ce fait parfois la préférence des agronomes. On remarquera toutefois qu'ils dépendent aussi des connaissances agricoles du moment pour la définition des valeurs de chaque échelle, sinon pour le choix des contraintes, et que ces valeurs ne peuvent prendre de signification pratique qu'au sein de secteurs écologiques bien définis. Il est bien évident en effet qu'il n'y a pas de critères valables pour tous les sols et toutes les cultures.

2.5. La procédure de classement

Le classement des unités pédologiques se fait en quatre temps.

Le dessin des secteurs écologiques est le résultat de l'intuition ou synthèse géographiques vérifié par l'homogénéité des contenus pédologiques, écologiques, physiographiques, culturels. La définition de ces derniers est donnée en compréhension plutôt qu'en extension à cause du caractère empiétant des domaines de variations de nombreuses caractéristiques. Les durées d'inondation les repèrent toutefois commodément.

Le choix des « classes » dans chacun des degrés est la seconde étape. On utilise alors des valeurs sélectives, discriminantes de caractères édaphiques ou physiographiques tels que structure, profil textural, alcalisation, durées d'inondation, topographie.

Ce n'est qu'à la troisième étape, dans le cadre bien circonscrit des secteurs, degrés, classes, que les sous-classes sont définies par compensation entre des données telles que N, P, pH, par la valeur moyenne prise dans leurs échelles par ces facteurs de « fertilité » au sens de DABIN (1964). Milieu, cultures, régime agronomique étant définis on estime que les rendements approcheront d'une fonction linéaire (ou d'une somme linéaire de fonctions monotones) des facteurs précités. Avec trois sous-classes seulement il est évident qu'on peut se passer de formulation mathématique explicite et se contenter d'une règle de majorité : une terre classée deux fois bonne par deux facteurs et moyenne par un troisième est décrétée bonne.

Les unités d'utilisation ne sont qu'un étiquetage des sous-classes donnant les points faibles de chaque terre.

2.5. La réalisation cartographique

Le désir unanime des utilisateurs de ne manier qu'un petit nombre d'unités cartographiques et la modicité de nos moyens (deux couleurs disponibles) ont conduit à condenser fortement la représentation des unités d'utilisation. Elles sont regroupées par affinités en six ensembles auxquels se superposent les secteurs écologiques. Au prix d'un effort minimum, sinon minime, le lecteur peut donc lire sur la carte les résultats prévisibles d'un ensemble de cultures dans un milieu physique et un contexte agronomique bien précisés.

3. LA RÉALISATION

3.1. Le cadre général du classement d'aptitudes

3.1.1. LE CONTEXTE AGRICOLE ACTUEL

3.1.1.1. *Les modes d'exploitation*

Vers la vallée de la Bénoué ont convergé des populations d'agriculteurs, de pasteurs, de pêcheurs dont les activités et les relations réciproques sont réglées par une tradition respectée. En général existe une spécialisation ethnique des activités et une délimitation des surfaces réservées à chaque type de spéculation. Localement on observe cependant une relative polyvalence des activités. Si les aires d'exploitation

respective sont nettement délimitées dans le temps il n'y a pas de bornage dans l'espace, les troupeaux pâturant librement dans les champs après les récoltes. Il n'existe pas cependant d'association véritable entre élevage et agriculture. L'effet des grands troupeaux est même plutôt négatif sur les sols dont ils tassent la structure, dont ils dégradent la végétation dans un sens souvent défavorable. Chaque village possède des champs de saison des pluies situés selon le cas sur les versants ou dans la terrasse, des champs de saison sèche, les uns (sorgho précoce, manioc) sur les bourrelets de berge, les autres sur les terres lourdes des cuvettes de débordement (mouskouari). Les rendements très faibles sont indignes de la qualité des terres (7 qx pour le sorgho, 5-10 qx pour le riz, 2-10 qx pour le coton). Les techniques agricoles sont en effet des plus simples, manuelles, sans emploi de l'irrigation.

3.1.1.2. *Les principales cultures*

Le sorgho de décrue ou mouskouari est la culture de base, pratiquée sur les vertisols naturellement inondés, la date limite de semis se situant vers la mi-décembre. Les sorghos de soudure (Mbayeri) sont fréquents sur les bourrelets de berge où ils ne vivent que de l'eau du sol et peut être des infiltrations du lit mineur. Il n'y a pas de sorgho sur terres à infiltration des eaux pluviales forcée par des diguettes (« berbéré »), bien que les sols lourds exondés de terrasse conviendraient. Il n'y a pas de riz inondé ou irrigué mais uniquement un peu de riz pluvial en bordure du lit majeur (sols lessivés à gley où la plante est alimentée par l'eau des nappes perchées, très proches de la surface). Localement on descend la culture plus bas dans la plaine et on construit de petites diguettes. Il n'y a pratiquement pas de maïs. L'arachide est parfois cultivée sur les sols lessivés de la terrasse. Le coton, de médiocre venue, a la même localisation. Le manioc doux vient au second rang après le mouskouari. Il croît cependant remarquablement bien sur le bourrelet et le sommet de la levée, en grands champs labourés à la charrue (fait très localisé). La patate douce est beaucoup plus rare, sur des sols à nappe proche de la surface. Nous n'avons vu que deux jardins maraichers, l'un de type traditionnel avec chadouf, l'autre de type européen. Cependant on cultive partout sur les berges, mais en petites quantités, des courges, haricots, tomates, hibiscus, tous de belle venue. Il n'y a pas d'arbres fruitiers même sur la levée. Sur la terrasse existent encore des vergers clairsemés d'arbres à beurre (*Butyrospermum parkii*) naguère plus exploités.

D'une manière générale on constate une faible exploitation des ressources en sols tant du point de vue des superficies que de celui de la nature des cultures pratiquées. Certes la simplicité des techniques limite l'extension des aires actuellement cultivées, mais les cas de bons rendements obtenus localement avec une conduite de travaux à peine plus élaborés, témoignent d'une sous-exploitation du potentiel agricole de cette vallée et d'une possibilité d'étendre la gamme des spéculations, même en agriculture traditionnelle.

3.1.2. LES DEGRÉS DE CLASSEMENT DES TERRES ET LES TRAVAUX CORRESPONDANTS

En agriculture traditionnelle le choix des assolements est écologique ; la valeur des caractéristiques des sols est donc relative aux cultures. L'agronomie moderne, modifiant davantage le milieu, est par contre plus libre de cette contrainte. En pratique, soit qu'il faille tâtonner dans les premiers temps, soit que les moyens à la disposition de l'utilisateur soient limités, il reste prudent de choisir d'abord les cultures les mieux adaptées au milieu naturel. Soucieux d'établir un classement complet des terres, nous avons donc envisagé deux « degrés » de classement correspondant respectivement à des modes d'exploitation traditionnel ou moderne. Les unités élémentaires tiennent compte des caractères des sols et de leur environnement (facteurs de fertilité) et sont regroupées suivant les secteurs écologiques définis ci-dessus, lesquels admettent préférentiellement certains ensembles de cultures. Les travaux d'aménagement proposés ne modifiant pas fondamentalement le milieu, les mêmes secteurs écologiques peuvent être envisagés dans les deux degrés de classement, aptitudes actuelle ou potentielle.

3.1.2.1. *Premier degré : Aptitude actuelle*

Le cultivateur pratiquant une agriculture de subsistance sur de très petites surfaces obtient de faibles rendements et ne comptabilise pas le travail fourni en regard des résultats. Du fait de la pression démographique, des faibles surfaces des terres de bonne qualité ou accessibles, du passage de l'économie autarcique à une économie d'échange, cet agriculteur est (ou sera) contraint de tirer le parti le meilleur possible de son terroir ou des terres encore vierges avec un minimum de risques et d'investissements humains et financiers. Dans cette perspective nous avons défini une « aptitude actuelle » des sols à porter différents types de cultures moyennant des travaux à la portée de l'agriculture traditionnelle, avec le souci

de diversifier les spéculations déjà entreprises et d'étendre les aires immédiatement utilisables.

Parmi les travaux envisageables nous avons retenu :

Le défrichement manuel et le planage des savanes graminéennes.

Le billonnage et la culture en planches.

La construction de diguettes basses provisoires pour l'infiltration forcée des eaux pluviales ou pour la retenue des eaux de crue.

La culture attelée.

L'irrigation manuelle ou par puits à balancier sur de petites parcelles.

Le creusement de canaux provisoires pour étendre la zone irrigable autour des cuvettes.

Une fertilisation courante.

Hors de toute spéculation, la culture à plat à la houe (sous-entendu).

(Toutes ces indications figurent dans les conclusions de chaque monographie et dans un tableau de synthèse final).

3.1.2.2. *Second degré : Aptitude potentielle*

En agronomie moderne les aptitudes sont définies sous conditions d'aménagements étendus demandant des investissements financiers et techniques. La régularisation du débit de la Bénoué et de son principal affluent, le Mayo Kebi, est nécessaire à toute mise en valeur impliquant des installations permanentes de drainage et d'irrigation, des cultures de saison des pluies ou pluri-annuelles dans le lit majeur. Ce préalable n'est pas par contre nécessaire pour la terrasse. La plupart des travaux envisagés ont trait au drainage et à la structure des sols.

Gros défrichement et planage des micro-reliefs accusés.

Défoncement, sous-solage, travail mécanisé du sol.

Drainage des eaux pluviales et des nappes perchées.

Drainage des cuvettes.

Mise en place d'un réseau de drainage et d'irrigation.

Mise hors d'eau (endiguements).

Contrôle du plan d'eau.

Fertilisation intensive, implicite pour toutes les unités.

Mise en défens à des fins de protection du réseau hydrographique.

Réserves écologiques.

3.1.2.3. *Classement des unités élémentaires ou classement d'aptitudes*

Dans chacun des degrés de classement, trois classes précisent l'opportunité des travaux. Dans chaque classe, trois sous-classes établissent un ordre relatif des rendements escomptés. Les unités élémentaires sont obtenues en ajoutant à chaque sous-classe la mention des principaux facteurs de fertilité dont le niveau trop bas est à même de limiter les rendements. Par exemple l'indice *q*, repris du classement des facteurs de fertilité (cf. ci-dessous), indiquera des réserves en eau insuffisantes ; la lettre *b* indiquera un déséquilibre au sein des bases échangeables. Ces classements sont justifiés par les monographies qui en donnent le détail et précisent les travaux.

Aptitudes actuelles

Classe 1 : Sols aptes - Sols immédiatement utilisables avec les seules techniques actuellement en usage, soit le travail à la houe à plat.

Sous-classe 11 : Aptitude élevée

Sous-classe 12 : Aptitude moyenne

Sous-classe 13 : Aptitude marginale

Classe 2 : Sols aptes sous conditions : Sols utilisables grâce à l'exécution des travaux ci-dessus.

Sous-classe 21 : Aptitude élevée

Sous-classe 22 : Aptitude moyenne

Sous-classe 23 : Aptitude marginale

Classe 3 : Sols inaptes - Sols dont la mise en culture dépasse les capacités d'investissement du petit agriculteur.

Sous-classe : Aucune ; éventuellement spécification des facteurs limitants responsables du classement.

Aptitudes potentielles

Classe 1 : Ne peut-être envisagée avant que soit connu le plan général d'aménagement qui seul permettrait d'évaluer l'opportunité des divers travaux.

Classe 2 : Sols aptes sous conditions - Regroupe tous les sols utilisables de ce degré.

Sous-classe 21 : Aptitude élevée

Sous-classe 22 : Aptitude moyenne

Sous-classe 23 : Aptitude marginale

Classe 3 : Sols inaptes - Pas de sous-classes ; spécification éventuelle des facteurs limitants,

3.1.2.4. Les règles d'écriture

Les classements ont été présentés in extenso dans les monographies et dans un tableau récapitulatif. Pour la légende de la carte d'aptitudes on ne retient que l'unité d'utilisation qui paraît la plus avantageuse dans chaque degré. Il en est de même dans les parties du texte qui résument les propriétés d'une unité pédologique : le numéro de l'unité d'aptitudes actuelles figure en tête séparé par un trait oblique du numéro de l'unité d'aptitudes potentielles.

Exemple : On propose pour la série des sols très hydromorphes à pseudogley de surface sur argiles limoneuses de la plaine d'inondation, des cultures de riz ou de mouskouari avec des diguettes provisoires en culture traditionnelle, les résultats escomptés pouvant n'être que moyens à cause d'une fertilité chimique elle-même moyenne et d'un déficit relatif en K. On notera : 22b,f. En aptitude potentielle on aura le choix entre un riz avec contrôle du plan d'eau avec de bons rendements, la carence en K étant corrigée, et un maïs avec mise en assec, avec des résultats moyens, des ennuis étant prévisibles avec les structures de l'horizon de surface, soit :

21b pour le riz, 22b,f pour le maïs.

Finalement les aptitudes de cette série seront résumées par 22/21, les lettres en indice étant supprimées le plus souvent parce que la combinaison des numéros des deux sous-classes de chaque degré suffit à individualiser les unités d'aptitudes.

3.2. Les secteurs écologiques

L'emploi de techniques très simples oblige les agriculteurs à adapter leurs cultures aux sols, à les regrouper par affinités sur des terroirs correspondants à des secteurs dont les sols, le drainage, la végétation naturelle ou modifiée par le pastoralisme, ont des caractères spécifiques. Le succès médiocre des tentatives de culture hors de ces limites confirme la valeur pratique de l'expérience traditionnelle et amènent à prendre ces unités écologiques comme base de la carte agronomique.

Ces ensembles géographiques sont conservés pour la carte d'aptitudes culturelles parce que la maîtrise du milieu n'est pas acquise et ne le sera que progressivement. Ils facilitent le classement des nombreuses cultures que permettent la qualité des terres et le climat, en fonction de leurs exigences édaphiques. Sauf rares exceptions, celle des cultures fourragères destinées à améliorer les sols, nous ne proposons pas

d'utilisation herbagère. En effet, étant donné la bonne qualité générale, la répartition entre pâturages et cultures, également possibles partout, ne peut dépendre que de données économiques et sociales dont il ne nous appartient pas de faire la balance. Où il existe une compétition on constate que les pâturages sont les terrains que l'on ne peut cultiver. Il sera donc possible dans l'avenir, les grands choix d'aménagement étant faits, de circonscrire les uns et les autres avec plus de précision et d'envisager une amélioration des terrains de parcours du matériel végétal desquels le bétail tire actuellement un médiocre parti.

Certaines parties de la terrasse également cartographiées ont été divisées en secteurs particuliers par analogie avec ceux du lit majeur.

(Les exemples de coupes topographiques transversales et la topographie d'un méandre donnés en annexe (fig. 5 et 6) fournissent une idée satisfaisante de la localisation relative des différents secteurs écologiques du lit majeur).

3.2.1. LES BERGES ET LES BOURRELETS (Secteur A)

Ils jouxtent le lit mineur qu'ils dominent de 2 à 7 m. Larges de 40 m environ, séparés par des sillons étroits, profonds de 2 m en moyenne, ils se groupent en faisceaux étroits conformes au lit. Leurs sols peu évolués sont légers (textures assez grossières) et bien drainés, brièvement inondés (0 à 120 jours en année moyenne). Leur formation végétale est la forêt claire, mais le plus souvent défrichés, ils portent plus généralement des formations dégradées, savanes boisées, arborées ou arbustives. Ils sont souvent cultivés, parfois chaque année en grands champs labourés. Les sorghos de saisons sèche, le manioc doux, parfois accompagnés de courges, haricots, tomates y prospèrent. Les bourrelets les plus récents, sableux, sont plus souvent laissés en pâturages.

Nous incluons dans ce secteur la majorité des formes de défluences et d'affluences, souvent petites, mobiles, éphémères, dont les sols, malgré un grand nombre de types pédologiques différents par des nuances de degrés de développement, de régime hydrique, de texture, ont été classés dans leur majorité selon un degré de ressemblance moyen avec les séries des berges et des levées :

— *Formes de défluence* construites par les eaux qui percent la levée et qui après un parcours plus ou moins long et canalisé déposent leur charge sur les formes de débordement :

Epanchages des deltas de rupture de berges, à trajets généralement courts, décharges de matériaux variés, mal classés, généralement grossiers, portant des sols minéraux bruts ou peu évolués, parfois avec une nappe proche de la surface et alors cultivables.

Deltas de défluence les plus récents ou leurs parties les plus sableuses, à prise d'eau plus élevée, plus longs (100 à 500 m), à dépôts plus ordonnés, souvent transgressifs sur la plaine de débordement, normalement couverts de forêts claires.

Bourrelets de défluence le long des grands défluents kilométriques et larges (parfois 50 m) canalisant durablement les eaux de crue, souvent situées à la base de la terrasse, suivant la ligne des points bas latérale du lit majeur, isolant tout ou partie des plaines et cuvettes en en limitant le drainage. Ce système est complété par un système alluvial de deltas à l'échelle du défluent.

— *Deltas d'affluents secondaires*, flanqués de leurs propres systèmes de défluence et de débordement élargissant l'éventail alluvial de part et d'autre du lit mineur, et dont les matériaux ne diffèrent pas de ceux de la Bénoué.

La végétation de ces ensembles est du même type que celle des bourrelets et berges de la Bénoué. Les sols sont rarement cultivés en raison notamment de leur accès difficile.

Ce secteur écologique convient aux céréales peu exigeantes en eau (millets, sorghos précoces), aux plantes à tubercules, à l'arachide, aux légumes et autres plantes vivrières, à l'arboriculture. Les facteurs limitants principaux sont les réserves en eau basses, parfois une relative pauvreté en éléments fertilisants, une topographie accentuée. Ces berges et bourrelets sont les sites d'élection pour l'irrigation manuelle.

3.2.2. LA LEVÉE (B)

Immédiatement en arrière la levée domine le dernier bourrelet par un talus souvent abrupt et qui n'est atteint par la pointe de crue qu'une année sur deux. Le plus souvent large de 400 à 800 m elle s'incline assez régulièrement vers la plaine d'inondation par des pentes moyennes de 0,4-0,6 %, déformées par des ondulations parallèles dues à d'anciens faisceaux de bourrelets très effacés. Entièrement forestière naguère, ses forêts reculent devant de hautes savanes plus par le boisillage et les incendies des pasteurs que devant les cultures qui n'ont été observées qu'en un endroit. Les sols limono-sableux,

bruns et finement structurés (molliques) sont encore bien drainés (modérément hydromorphes), mais montrent une certaine tendance à la battance due à leur texture et sont facilement envahis par l'Imperata.

Nous rattachons à ce secteur des sols très poreux (horizon (B)), à hydromorphie de surface modérée, situés localement à la base de la levée ou des bourrelets des grands défluents, ou formant tout ou partie (front) des plus anciens deltas de défluence à prise d'eau relativement haute, ou tout au moins leurs parties les plus limoneuses. Ces sols sont souvent difficiles à déceler. Ils présentent cependant des effondrements caractéristiques liés à la maturation de leurs argiles limoneuses à forte porosité héritée.

Ce secteur est un lieu de passage et de séjour recherché des pasteurs en début de saison sèche, à l'exception des forêts les plus denses infestées de tsé-tsé. Il convient aux céréales peu exigeantes en eau, aux plantes à tubercules, à l'arachide, aux légumes et autres plantes vivrières, au coton, au tabac, à l'arboriculture, selon les travaux. Les réserves en eau, un peu basses encore, impliquent l'irrigation. Les défrichements parfois importants et une topographie parfois irrégulière sont deux facteurs défavorables.

3.2.3. LE PIED DE LEVÉE (C)

Après des sols de transition déjà plus compacts elle porte des sols à caractères planiques ou solonchiques dont les médiocres propriétés physiques empêchent un développement homogène normal de la savane, rendent impossible le travail manuel à la houe. Ce secteur inculte est en revanche facilement et précocement accessible au bétail.

Du point de vue du drainage externe ce secteur pourrait être considéré comme sous-secteur de l'unité suivante, mais les cultures envisageables en un premier temps se limitent au riz du fait des inquiétantes propriétés physiques qu'une irrigation mal conduite pourrait même aggraver.

3.2.4. LES PLAINES DE DÉBORDEMENT (D)

Elles font insensiblement suite à la levée avec des pentes transversales de 0,2 %. Larges de 1 km le plus souvent, parfois de 4 km, situées entre 2 et 4 m au-dessus du thalweg, elles subissent entre 75 et 130 jours d'inondation, l'écoulement de la pluie étant complet et libre. La surface, plate et dure au pied de levée, est de plus en plus bosselée vers l'aval, ce micro-relief restant toujours très *petit*.

Les sols argilo-limoneux, hydromorphes, médiocrement drainés, profonds, bruns, bien structurés et riches, sont enfouis sous une haute savane graminéenne inondée qui forme la part la plus importante des pâturages de saison sèche, sur brûlis plus ou moins complets. Localement la surcharge en bétail a déjà entraîné une dégradation de la végétation et de la structure des horizons de surface qui devient plus compacte et grossière. Des essais ratés de mouskouari ont été observés.

Ce riche terroir convient aux céréales exigeantes en eau (riz, maïs, blé, sorgho), à la canne à sucre, au coton selon les travaux. Les sols ont pour défaut principal un certain manque de perméabilité et une propension à la dégradation structurale. Ce secteur est inaccessible à la culture traditionnelle sans travaux.

3.2.5. LES CUVETTES DE DÉBORDEMENT (E)

Ce sont des configurations un peu closes et plus plates de l'aval des plaines de débordement où l'écoulement de la crue est ralenti, ponctuellement incomplet dans des fondrières où l'eau peut séjourner jusque 150 jours. Leur surface, plus largement fissurée, est déformée par un gilgai à trous ronds décimétriques.

Sous une savane moins haute et truffée de buissons de mimosas elles évoluent en vertisols hydromorphes, argileux, terres à mouskouari par excellence. Les meilleurs découvrent de début novembre à la mi-décembre et sont situés au cœur de la plaine alluviale. Les vertisols des dépressions latérales, plus compacts (plutôt vertiques), plus irrégulièrement inondés connaissent des jachères plus longues et paraissent parfois abandonnés. Les vertisols les plus bas (avec gley de surface) découvrent trop tard pour être cultivés. Les travaux de sarclage à la houe affinent la structure superficielle de ces sols et en atténue à la longue le microrelief. Là encore des tassements par surpécoration ont été constatés.

Ce secteur convient au riz et sorgho de saison froide. Le coton (Soudan) et le blé dur (Niger) peuvent aussi être cultivés sur des vertisols mais au prix d'une technicité que l'on ne peut envisager immédiatement. Le planage est parfois nécessaire. Le drainage externe paraît assez facile à améliorer.

3.2.6. LES CUVETTES DE DÉCANTATION (F)

Situées au plus bas de la plaine alluviale, au plus à 2 m au-dessus du thalweg, plates, souvent arrondies, elles retiennent une partie de l'eau d'inondation qui ne disparaît plus que par évapotranspiration. Les

plus belles sont occupées par des lacs permanents, mais elles peuvent se réduire à des marais disséminés aux creux de la plaine d'inondation ou des cuvettes de débordement.

Elles sont caractérisées par des sols très argileux à gley, inondés au moins 200 jours en moyenne, se fissurant de façon extraordinaire lorsqu'ils arrivent à se dessécher. Ces sols sont incultes et ne portent de riz que sauvage. Leurs prairies prostrées ou flottantes encore vertes en saison sèche sont un pâturage apprécié pendant les grosses chaleurs, les moins bons à cet égard étant les sols des petites mares latérales.

Toutes sortes de chenaux et petites dépressions peuvent être considérées comme des extensions mineures de ce secteur ; chenaux entre bourrelets de berge ou de levée, cuvettes remblayées de sables et de limons, dépressions en bordure des grés à nappe proche de la surface (sols à amphigley). Leurs sols sont plus légers que ceux des marais et ne paraissent pas convenir à la culture traditionnelle du mouskouari.

Nous proposons uniquement du riz jusqu'à une limite aval qu'en un premier temps il serait bon de fixer au « gley bleu » (séries à gley intense sur toute leur épaisseur). Le drainage externe est difficile. Faute de mieux les riz « flottants » sont envisageables. Ces cuvettes pourraient être utilisées comme réservoirs pour l'irrigation manuelle à partir de canaux en rayonnant (blé dur en saison froide).

3.2.7. LES FLATS DE TERRASSE (G)

Ils sont formés par une juxtaposition de fines séquences pédogénétiques très différenciées, à sols lessivés, planiques, vertiques, mal drainés, développées sur un matériau argilo-sableux. La surface s'élève à plus de 7 à 8 m au-dessus du thalweg actuel. Elle est plate avec des pentes transversales médiocres de l'ordre de 0,5 % au plus, ordonnées confusément autour d'un ancien réseau de bourrelets et chenaux aplanis au tracé difficilement perceptible. Seuls les sols lessivés portent des cultures sporadiques de coton, arachide, outre diverses cultures vivrières autour des villages. La plus grande partie sert de terrain de parcours sous savane arborée.

Sur les sols les plus légers (sols lessivés, hydromorphes lessivés, planosols à horizons E épais) on peut envisager des cultures vivrières et du coton en culture attelée ou mécanisée. Sur les sols les plus lourds, vertiques (séries non lessivées), nous préconisons soit du riz pluvial avec diguettes d'infiltration forcée, soit des céréales exigeantes en eau (maïs),

de la canne à sucre, avec drainage, irrigation et culture mécanisée. Cet ensemble de terres encore chimiquement riches, plates et étendues, posera des problèmes de travail du sol de par la diversité des horizons de surface, les uns légers, les autres lourds, tous plus ou moins engorgés ou exagérément friabilisables en saison des pluies, de par la présence plus ou moins profonde d'horizons planiques durs et peu humectables, généralement rebelles à une amélioration obtenue uniquement par des moyens mécaniques (sous-solage ou défoncement). La « planosolisation » peut être déclenchée ou accélérée par une irrigation mal conduite des sols lourds.

3.2.8. LES DÉPRESSIONS ARGILEUSES A VERTISOLS DE LA TERRASSE (H)

Les argiles sableuses sont creusées, jusqu'au niveau de la plaine de débordement et parfois des cuvettes du lit mineur, de dépressions adoucies en cuvettes, en chenaux parallèles à l'axe de la vallée, à pentes transversales de 0,3 % au plus, avec un modelé en surface de « gilgai » à bosses et fissures. Elles portent de beaux vertisols noirs, développés au sommet d'une argile épaisse, uniforme et continue tout au long du talus bordant le lit majeur, qui indique un colmatage d'un ancien réseau d'écoulement. Ces argiles affleurent très souvent au niveau du talus à pente modérée (2-4 %) faisant raccord avec le lit majeur, et notamment des grandes formes d'incision latérales. Ces vertisols sont cultivés en mouskouari, le défrichement de la forêt d'acacia qui les couvre se poursuivant encore activement actuellement.

Ces dépressions sont les sites traditionnels et recherchés pour le mouskouari qu'il serait possible d'étendre par des diguettes d'infiltration forcée et de compléter par le riz. Ce secteur convient au riz avec contrôle du plan d'eau et planage ou bien, avec drainage, irrigation et travail du sol mécanisé, aux céréales exigeantes en eau (blé) ou au coton. Ajoutons cependant que tout comme les vertisols des cuvettes de débordement la culture de toute autre plante que le riz et le mouskouari implique de délicates mises au point techniques. Aussi les propositions faites ci-dessus, quoique réalisées dans d'autres régions, doivent-elles être préalablement testées. Outre des défauts physiques bien connus, ces vertisols ont encore quelques déficiences chimiques mineures (K et N insuffisants, pH un peu élevé parfois pour le riz).

3.2.9. BOURRELETS, BUTTES ET TERTRES DE TERRASSE (I)

Des bourrelets étroits, hauts de 1 m environ, des buttes isolées, sont les restes mineurs d'une troisième

formation à sables grossiers rubéfiés et limons calcaires. Ces bourrelets et quelques tertres anthropiques sont parfois cultivés en saison des pluies (arachide, coton).

Les sols sont légers et séchards mais peuvent s'engorger temporairement du fait du battement de nappes perchées ou phréatiques. Ils sont faciles à travailler, leur fertilité chimique est encore bonne. Ils conviennent surtout à l'agriculture traditionnelle (arachide, millets, plantes à tubercules, cultures vivrières diverses). On pourrait toutefois tenter d'y planter quelques vergers (anacardier, manguiier, selon la texture).

3.2.10. BASE DES VERSANTS SUR GRÈS (J)

Les matériaux sont produits par la désagrégation granulaire des grès. Seuls les sols à gley lessivés de bas de pente, terme aval d'une séquence lessivée à amont ferrugineux, ont été cartographiés. Les sols plus acides et pauvres que dans la vallée mais bien alimentés en eau par des nappes perchées portent des rizières pluviales, des bananeraies sous Elacis, des pâturages marécageux. Les sols rouges des versants sur grès situés plus amont, légers, acides, très pauvres chimiquement, sont cultivés avec de longues jachères en millets, arachide, sésame, manioc.

Ces sols conviennent à une agriculture traditionnelle améliorée, avec riz, maraîchage, arboriculture.

3.3. Sélection et codification des contraintes édaphiques

La fertilité des sols est un de leurs caractères les plus complexes. Elle intègre un grand nombre de facteurs dont les effets ne s'ajoutent pas mais se combinent et s'interpénètrent (Colloque sur la fertilité des sols tropicaux, 1967). Ce sont des caractéristiques physiographiques, morphologiques, analytiques influant sur le choix des cultures et sur leurs rendements. Elles ont été choisies et évaluées en fonction de données agronomiques générales, d'observations in situ des cultures et de la végétation. Elles sont une partie de celles qui définissent les sols et leur milieu de formation, cela parce que tout terrain susceptible d'une utilisation particulière a été cartographié séparément. L'inverse n'est pas vrai. Il y a davantage de sols que d'unités d'utilisation. Cet excès d'information a été conservé par prudence dans la carte des sols mais supprimé de la carte d'utilisation.

L'expression de ces facteurs a été normalisée. Pour la plupart des données ordonnables on a établi une

échelle. Une normalisation par notation symbolique, codification pour les variations ordonnables, définition d'intervalles de variations tenant compte notamment des seuils d'apparition de processus particuliers, s'impose en effet pour un traitement rapide et cohérent (notamment informatique) de ces nombreuses données.

3.3.1. LES RÈGLES D'ÉCRITURE

3.3.1.1. Symboles

Chaque facteur de fertilité est symbolisé par une minuscule :

m : physiographie	q : eau utile (quantité d')
c : végétation (couverture, physionomie)	o : matière organique (taux de)
d : drainage	h : C/N (humidification)
e : épaisseur utile	a : pH (acidité)
r : pénétration racinaire (résistance à la)	v : saturation (taux de)
t : texture	f : pH/N (équilibre de fertilité)
s : structure	n : P/N (équilibre)
p : porosité	b : bases échangeables (taux et équilibres)
i : perméabilité (infiltration)	g : salinité (gypse)

3.3.1.2. Codification des variations ordonnables de chaque facteur

Les variations ordonnables de chaque facteur sont codifiées dans une échelle dont les degrés coïncident avec des limites naturelles, avec des seuils d'apparition des phénomènes remarquables, avec des classes empiriquement testées de fertilité. Ces degrés sont numérotés de façon identique selon les conventions suivantes :

Le niveau moyen, normal, est numéroté 4.

La partie de l'échelle parcourue à partir de la moyenne dans le sens des rendements croissants ou des facilités de travaux est numérotée de 5 à 7.

La partie de l'échelle parcourue dans le sens inverse vers les rendements décroissants est numérotée de 3 à 0.

Pour plus de facilité ces niveaux sont qualifiés en termes quantitatifs ou qualitatifs :

0 : nul, non...	4 : moyen, absence de
1 : très bas, très faible, très mauvais	caractéristique néfaste
2 : bas, faible, mauvais	5 : fort, important, bon
3 : médiocre, assez faible	6 : très fort, très bon
	7 : exceptionnel

Il existe cependant des exceptions. La fertilité n'est pas une fonction monotone de l'échelle des pH : ainsi les niveaux 5 et 6 ne sont-ils pas « meilleurs »

que le niveau 4. Pour les bases échangeables et l'équilibre N/P on peut se contenter d'indiquer l'élément déficitaire ou éventuellement un excès : P⁺ note un excès relatif en phosphore, K⁻ note une insuffisance en potassium. Quant aux textures, n'étant pas ordonnables de façon simple relativement aux rendements, elles ont été regroupées par rapport au taux d'argile en quatre ensembles numérotées de I à IV (voir diagramme de textures).

Quelques échelles n'ont d'autre part qu'un petit nombre de degrés.

Lorsqu'un facteur est à un niveau tel qu'il soit un facteur limitant prévisible des rendements, il est indiqué en indice de la sous-classe d'aptitudes correspondante, l'ensemble définissant une unité élémentaire d'utilisation. Par exemple 22b, f signifie que dans cette sous-classe (22 = aptitudes conditionnelles moyennes, cf. plus loin) ce sont les équilibres entre bases (b) et entre le pH et N (f) qui sont à même de limiter les rendements. Cette expression peut être compliquée ou simplifiée ad libitum.

3.3.1.3. Expression des données par tranches d'épaisseur.

Après observation du système racinaire de diverses plantes cultivées et après schématisation, les tranches d'épaisseur du sol auxquelles se rapportent les indications des facteurs de fertilité ont été définies de la manière suivante :

En surface (S) : Valeur moyenne entre 0 et 25 cm.

En profondeur (P) : Valeur moyenne entre 25 et 50 cm. Valeur à 50 cm si le calcul ci-dessus n'a pas été fait.

Au-delà : Valeur au-delà de 50 cm de profondeur.

Exemple : Acide en surface, peu acide en profondeur, neutre au-delà.

La notation symbolique de ces données en fonction de la profondeur n'est que rarement utilisée. Elle emploie des règles que nous résumons ci-dessous dans un exemple de notation de l'acidité (a) :

- Valeur constante sur tout le profil : a₃ = peu acide
- Valeur en surface seulement : a_{3/} = peu acide en surface
- Valeur en surface et en profondeur : a_{3/2/} = peu acide en surface, acide en profondeur
- Valeur en surface et de 25 à 100 cm : a_{3/2} = peu acide en surface et acide de 25 à 100 cm
- Valeur en surface, en profondeur et de 50 à 100 cm : a_{3/2/1} = peu acide en surface, acide de 25 à 50 cm, très acide au-delà.

Dans le classement d'aptitudes les facteurs de fertilité de l'horizon agronomique de surface sont déterminants. Certains sols font cependant exception : il s'agit notamment de sols à forte différenciation structurale (sols de levée à horizon B planique proche de la surface), texturales (sols argileux, à mince recouvrement sableux), chimiques (certains vertisols de la terrasse), pour lesquels les caractères de l'horizon B prennent l'avantage.

3.3.2. CHOIX DES FACTEURS DE FERTILITÉ

Nous avons distingué les facteurs de l'environnement (physiographie, drainage, végétation) des facteurs intrinsèques des sols (morphologiques, physiques, chimiques).

3.3.2.1. Facteurs de l'environnement.

3.3.2.1.1. Drainage (symbole d)

Dans cette vallée périodiquement inondée, il est sans conteste le plus important. Le symbole est suivi de trois chiffres séparés par un point indiquant successivement le drainage externe, le drainage en surface du sol, le drainage interne du sol. Les trois types sont généralement considérés. Exemple : d 4.3.2. Il se peut cependant qu'un seul ou deux types de drainage puissent être appréciés. Leur notation est alors du type :

- d 4. si drainage externe seulement
- d.3 - de surface -
- d..2 - interne -
- d.3.2 - interne et de surface

a) Drainage externe : Indice de premier rang.

Il est évalué par le nombre de jours annuels d'inondation ; ses degrés coïncident avec les limites des secteurs écologiques (cf. tabl. I).

- 0 plus de 225 j - drainage nul
cuvette de décantation (ex. : 5c3 = sols à gley intense sur toute leur épaisseur, exondés en moyenne au-delà de février).
- 1 180 à 225 j - très mauvais drainage
cuvette de décantation (ex. : 5c1 : sols à gley légèrement en amont des précédents, exondés en janvier-février).
- 2 130 à 180 j - mauvais drainage
cuvette de débordement (ex. : 12c = des vertisols hydromorphes exondés vers la mi-octobre, 5c2 = sols à gley exondés en décembre).
- 3 75 à 130 j - drainage médiocre
plaine de débordement (ex. : 4b2 = des argiles brunes à pseudogley, exondées début novembre).
- 4 50 à 75 j - drainage moyen
pied de levée (ex. : 4a4 = des sols à pseudogley, planiques et 4a3 = sols de transition à hydromorphie modérée, exondés début octobre).
- 5 inférieur à 50 j - bon drainage
levées, deltas (sols alluviaux modaux ou à pseudogley peu marqué, exondés vers août-septembre).

Remarque : Les classes 0 à 2 correspondant aux aires à drainage externe incomplet et retrait des eaux par ETP. Les classes de drainage 3 à 5 correspondent aux aires à drainage externe complet.

TABLEAU I

Durées d'inondation des sols du lit majeur de la Bénoué - profil de Garoua (méandres de Badoudi et Djamboutou)

Jours	50		100		150		200		250		300		350
Indices	5	4	3		2		1		0				
Dates	2/10	27/8-15/10	1/8-10/11		N	D	J	F	M	A	M	J	
Durées inond. et Sols	0-25-45 3a1 4a1-2 4 a 3-4	0 -50- 100		75 - 100- 130 4 b 2	12 e 135 - 155- 180 5 e 2		180 -200- 225 5 e 1		225 - 295 - 365 5 e 3				
Modèle	levées - deltas pied de levée		plaine de débordement		cuvette de débordement		cuvette de décantation, laes.						
Effets culturaux							Semis du mouskouari trop tardif						
							Coton (4 mois) trop tard.						
							marahage tardif						

Notes : Dates : soit de la décrue, soit du retrait par ETP (références au mois).

Durées d'inondation : nombre de jours moyen annuels (minimum-moyenne-maximum selon cotes).

4a, 5c, etc. : numérotation des séries, voir paragraphe 3.3.2.1.1.

b) Drainages de surface et interne

Faute de mesures directes, le drainage de surface et le drainage en profondeur sont estimés par leur expression morphologique.

La distinction pratique entre gley et pseudogley est généralement facile parce que renforcée de différences physiographiques évidentes. Les sols à gley sont des sols de marais, de cuvettes ; les sols à pseudogley sont des sols de plaines, de savanes. Dans les secteurs de transition, il devient nécessaire de se fixer une frontière plus arbitraire mais copiée sur celle qui existe entre unités tranchées. Dans les horizons de surface où la matière organique masque les effets de l'oxydo-réduction, il faut utiliser de plus d'autres caractères liés à l'accroissement de l'hydromorphie : Augmentation des taux de matière organique, élargissement des structures, baisse des pH. Pour les familles argileuses et argilo-limoneuses les critères de choix ont été les suivants :

Gley G :

— Si la pureté du coloris (« chroma » Munsell) est inférieure ou égale à 1 et si la brillance (« valeur » Munsell) est inférieure ou égale à 3,5 (teintes 10 YR), ou inférieure ou égale à 4 (2,5 Y), et si moins de 40 % de taches ferrugineuses (surface relative).

— Si les brillances (value) sont comprises entre 4 et 6 ou si la proportion des taches est supérieure à 40 % il faut de plus que pour un gley :

— la largeur de la structure prismatique dépasse 15 cm

— le pH soit inférieur à 5,5

— les taux de matière organique dépassent 2,5 % (5 % pour un Aa)

— Dans les horizons profonds, il suffit que les couleurs gleyeuses, bleuâtres ou verdâtres (2,5 Y, 5 Y, 5 GY) dominant en surface relative.

Pseudogley : horizon à taches ferrugineuses n'entrant pas dans la définition ci-dessus et typiquement à revêtements ferrugineux dans les pores racinaires (surface) ou à amas ferrugineux nombreux et colorés (profondeur). Les structures sont toujours modifiées en nature et/ou taille par rapport au sol bien drainé.

Horizons de transition :

(G) = ne possèdent que quelques uns des caractères du gley. Horizon ou sol en position intermédiaire.

(g) = taches de g peu nombreuses et visibles, pas d'élargissement structural par rapport au sol bien drainé.

— *Drainage de surface* : Indice de deuxième rang (horizon A ou les 30 premiers cm si la base de ces horizons est mal définie).

- 0 drainage nul - horizon G « bleu »
- 1 très mauvais drainage - horizon (G)
- 2 mauvais drainage - horizon (G)
- 3 drainage médiocre - horizon g
- 4 drainage moyen - horizon (g)
- 5 bon drainage - pas d'hydromorphie visible

— *Drainage interne* : Indice de troisième rang (= drainage général du profil).

- 0 drainage nul - gley remontant à moins de 30 cm de la surface
- 1 drainage très mauvais - gley entre 30 et 130 cm de profondeur
- 2 drainage mauvais - gley absent ou à plus de 130 cm de profondeur - horizon le moins bien drainé du type (G)
- 3 drainage médiocre - idem - horizon le moins bien drainé du type g
- 4 drainage moyen - idem - horizon le moins bien drainé du type (g)
- 5 bon drainage - idem - horizon le moins bien drainé normal

Remarque : L'adjonction d'un signe + peut indiquer un drainage excessif, caractère très défavorable, équivalent à l'indice 0.

— *Autres indications sur le drainage* : Il peut être utile d'indiquer la présence d'une nappe perchée ou d'une nappe phréatique.

Un indice (facultatif) de 4^e rang et entre parenthèses signale l'existence d'une nappe perchée (interprétation des horizons B planiques et E).

(**) avec nappe perchée, B planique net

(*) avec début de nappe perchée, B planique peu net mais E ou (E).

Un astérisque signale une nappe phréatique profonde

* nappe phréatique profonde

(*) nappe soupçonnée ou facultative dans l'unité.

3.3.2.1.2. Autres caractères

La physiographie (symbole m) n'a pas été ventilée :
Pente, micro-relief, accès...

La végétation (indice c) : Elle intervient au niveau des conditions de défrichement. Trois degrés ont été retenus indiquant la facilité relative de défrichement

- 3 très important (ex. : forêts des levées)
- 4 moyen (ex. : savanes hautes - savanes arborées)
- 5 faible (ex. : savanes basses - prairies)

3.3.2.2. Facteurs morphologiques

Les limitations incluent celles liées à la famille des sols : stratification, texture, compacité du matériau C, ...

3.3.2.2.1. Epaisseur utile (e)

L'échelle est établie en fonction du mode d'enracinement des cultures principales possibles, (cf. tabl. II), le niveau « moyen » (4) satisfaisant à toutes. Le gley « bleu », les nappes, les horizons B planiques de terrasse sont des limites possibles de l'enracinement.

- 2 très faible - inférieure à 25 cm
- 3 faible - de 25 à 50 cm
- 4 moyenne - de 50 à 100 cm
- 5 satisfaisante - plus de 100 cm

TABLEAU II
Profondeurs utiles

Sols riches	Sols pauvres	Cultures	
0,75 m	1,0 m	Canne à sucre Coton, tabac, manioc Maïs, arachide.	
0,50 m	0,75 m		
0,30 m			
<i>Divisions pour « profil cultural »</i>			
Sol riche :	0 - 25 cm	25 - 50 cm	50 - 75 cm
Sol pauvre :	0 - 25 cm	25 - 50 cm	50 - 100 cm

3.3.2.2.2. Résistance à la pénétration racinaire (r)

Ce facteur complète le précédent. Il est déterminé uniquement par les observations de terrain.

0 non pénétrable : gley, B planique

2 peu pénétrable : Bg, tout horizon ou l'enracinement est localisé dans les vides

4 pénétrable

3.3.2.2.3. Texture (t)

Les classes texturales ont été regroupées dans l'ordre moyen des drainages croissants (variables non ordonnables, cf. supra).

- I terres lourdes (TA-A-AL)
- II terres franches (AS-LA-ALS)
- III terres légères (L-LS-TL)
- IV terres très légères (SL-S-TS) (cf. Fig. 1 et tabl. III)

Dans le cas de limitations seulement, un excès d'argile (I⁺) ou un défaut d'argile (IV⁻) peuvent être signalés.

TABLEAU III

Classements des textures (Durand, 1965)

Groupe	Classement original	Classement Bénoué	% de la fertilité maximum
I	AL	TA-A-AL	80
II	AS-LA	AS-LA-ALS	100
III	L	LS-L-TL	80
IV	LS-SL-S	SL-S-TS	50

3.3.2.2.4. Structures (s)

Les structures ont été classées in situ selon un schéma adopté par Dabin tenant compte des formes, tailles, consistances pour les différentes classes texturales. En gros, les structures fines et arrondies (grumeleuses) sont jugées très bonnes (6), les structures moyennes polyédriques ou massives mais meubles sont jugées moyennes (4), les structures prismatiques ou massives et non fragiles sont jugées très mauvaises (cf. Tabl. IV).

Les structures sont considérées à deux niveaux : En surface (S, de 0 à 25 cm) et en profondeur (P, au-delà de 25 cm). Pour toute autre précision concernant les profondeurs se conformer aux règles d'écriture. Si la tranche d'épaisseur est stratifiée, ou bien toutes les couches (ou horizons) sont meubles et on prend pour indice la moyenne des indices, ou bien l'une des couches ou horizons est à structure défavorable et son indice fixe celui de toute la tranche. Ex. : Sols à pseudogley, planiques des pieds de levée

TABLEAU IV
Jugement des structures (D'après Dabin. Adapté pour la Bénoué)

Structures		Lourdes	Moyennes		Légères		Très légères
Surface	Profond.	TA-A-AL	AS	ALS-LA	SA-L-TL	LS-SL	S-TS
Très Bon - 6 -		Grenu ou grumeleux			Grumeleux		
Bon - 5 -		Polyédrique fin		Grumeleux peu net			
Moyen - 4 -	Bon - 5 -	Polyédrique moyen		Polyédrique peu net	Massif	Massif très frag.	
Médiocre - 3 -	Moyen - 4 -	Polyédrique gross. net peu net		Fragile			Massif à particul.
Mauvais - 2 -	Médiocre - 3 -	Polyéd. très gros.	Massif peu fragile	Massif peu fragile			Particul. Sf
Très Mauvais - 1 -	Mauvais - 2 -	Prismes colonnes	Massif non fragile				Particulaire Sg
	Très mauvais 1	Massif peu frag.					

à horizon A de 15 cm à structure fine et horizon B planique de 15 à 50 cm : Indice de 1^{er} rang (0-25 cm) = 1 (très mauvaise).

Notes : Structures cubiques, lamellaires : comme les classes de taille équivalentes de la structure polyédrique. Structures en coins (vertiques) : diminuer d'une unité par rapport à la classe de même taille polyédrique. Massif = assemblage massif = structure peu nette ou massive.

1 très mauvaise

S : prismatique, colonnes, massif peu fragile (I), massif non fragile (II, III), particulaire boulant à sable grossier (IV).

2 mauvaise

S : polyédrique très grossière (I), massif peu fragile (II, III), massif très fragile à particulaire (IV),
P : prismatique, colonnes, massif peu fragile (I), massif non fragile (II, III), particulaire à sable grossier (IV).

3 médiocre

S : polyédrique grossière (I, II), massif peu fragile (II, III), massif fragile (IV).
P : polyédrique très grossière (I), massif peu fragile (II, III), massif très fragile (IV).

4 moyenne

S : polyédrique moyenne (I, II), massif fragile, meuble (II, III), massif fragile (IV).
P : polyédrique grossière (I, II), massif peu fragile (II, III), massif très fragile (IV).

5 bonne

S : polyédrique fine (I, II), grumeleux peu net (II, III).
P : polyédrique moyenne (I, II), massif fragile, meuble (II, III, IV).

6 très bonne

S : grenu ou grumeleux net.
P : polyédrique fine.

3.3.2.3. Facteurs physiques

3.3.2.3.1. Porosité (P)

Elle est mesurée sur le terrain. L'échelle est établie en fonction des classes « naturelles » de porosité des sols de la vallée de la Bénoué et des exigences d'une plante sensible, le cotonnier (cf. Tabl. V). Deux indices sont suffisants : surface (0-25 cm) et profondeur.

2 mauvaise - p inférieur à 40 % en volume densité apparente supérieure à 1,5

3 médiocre - p entre 40 et 45 %
da entre 1,37 et 1,5

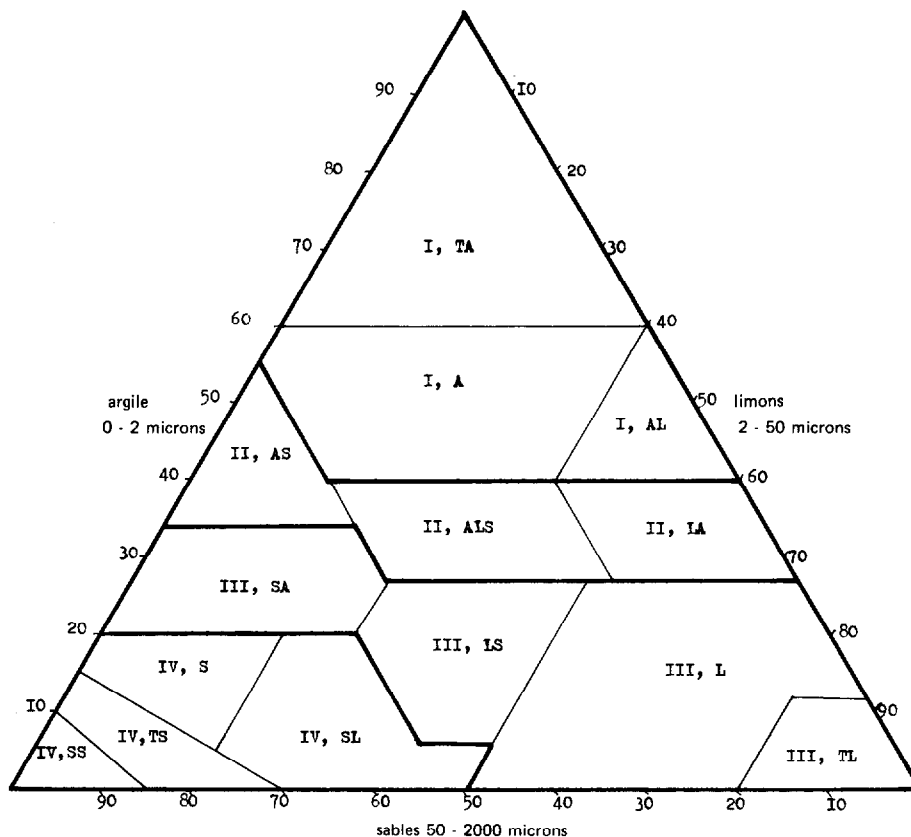


FIG. 1. — Diagramme textural. Qualification des textures

TABLEAU V
Echelle de porosité et ses paramètres

Dens. appar.	1,0	1,125	1,25	1,375	1,50	1,61		
Porosité %	60	55	50	45	40	35		
Degrés	très bon : 6	bon : 5	moyen : 4	médiocre : 3	mauvais : 2			
— groupements naturels des porosités dans les sols —						42 %		
A. 11 polyédrique fin						A. 12-A.2	(B) pol. moy.	B plan.
— effets sur l'irrigation et l'enracinement du coton —						38 %		
59		irrigation plus facile			irrigation difficile			
Coton : fort. cr.		croissance moyenne			labour néces.			

TABLEAU VI

Echelle de perméabilité et ses paramètres

K (cm/h)	(minima)	30	15	5	2,5	0	0
Indices	6	5	4	3	2	1	0
Sols	1a - 2a	3a1 - 4a1	4b1	4a4	4b2 - 12c	12c3 - 5c2	5c1 - 5c3

K : Coefficient Muntz en surface ; pour la profondeur voir ci-dessous.

	3a	4b	4a4	12c
à 5 cm	15 - 25	6 - 25	3	3
à 50 cm	20 - 30	0 - 20	0,5 - 2	0 - 2,5
à 100 cm	8 - 20	0 - 9	0,1 - 0,6	0 - 2,5

- 4 moyenne - p entre 45 et 50 %
da entre 1,25 et 1,37
- 5 bonne - p entre 50 et 55 %
da entre 1,12 et 1,25
- 6 très bonne- p supérieure à 55 %
da inférieure à 1,12

3.3.2.3.2. Perméabilité (i)

Le coefficient d'infiltration Müntz mesuré in situ est estimé moyen entre 5 et 15 cm/h (cf. Tabl. VI).

- 0 nulle - vitesse d'infiltration nulle (ex. : sols à gley des cuvettes de décantation, B planique vrai).
- 1 très faible - vitesse d'infiltration presque nulle (ex. : vertisols à gley de surface en frange amont des précédents).
- 2 faible - vitesse d'infiltration inférieure à 2 cm/h (ex. : argiles brunes hydromorphes de l'aval des plaines de débordement, vertisols hydromorphes des cuvettes de débordement).
- 3 assez faible - vitesse d'infiltration comprise entre 2 et 5 cm/h (ex. : sols à pseudogley, planiques, du pied de levée).
- 4 moyenne - vitesse d'infiltration comprise entre 5 et 15 cm/h (ex. : horizons A et E des argiles hydromorphes de l'amont des plaines de débordement).
- 5 forte - vitesse d'infiltration comprise entre 15 et 30 cm/h (ex. : sols molliques des levées, sols des bourrelets de la Bénoué).
- 6 très forte - vitesse d'infiltration supérieure à 30 cm/h (ex. : sols des berges).

3.3.2.3.3. Eau utile (q)

Le stock d'eau utile est estimé par l'expression volumique, en mm/m, de la différence pF3-pF4,2. Le niveau moyen (120 à 240) a été estimé en fonction

du minimum admis pour une culture de sorgho de décrue (120).

- 2 stock très faible - inférieur à 50 mm/m
- 3 stock faible - compris entre 50 et 120 mm/m
- 4 stock moyen : compris entre 120 et 240 mm/m
- 5 stock important - supérieur à 240 mm/m

Il est nécessaire de tenir compte des observations de terrain et signaler notamment la présence d'une nappe phréatique à moins de 130 cm : * fréquente, (*) possible.

3.3.2.4. Facteurs chimiques

3.3.2.4.1. Matière organique (o)

L'échelle est établie en fonction des taux utilisés pour le classement des sols hydromorphes. Le niveau très humifère (6, de 8 à 14 %) correspond aux sols hydromorphes « moyennement organiques », le niveau moyennement humifère (4, de 2 à 5 %) correspond effectivement à la moyenne des sols de la Bénoué, le niveau peu humifère (3, moins de 2%) est immédiatement au-dessous de la limite des horizons « molliques » (cf. tabl. VII). Seule la surface (0-25 cm) est évidemment prise en considération.

3.3.2.4.2. Rapport C/N (h)

Il estime trois niveaux d'évolution de la matière organique.

- 3 matière organique mal évoluée C/N supérieur à 17
- 4 matière organique bien évoluée C/N entre 12 et 17
- 5 matière organique très évoluée C/N inférieur à 12

TABLEAU VII

Echelle des taux de matière organique

Taux (%)	2		5	8	14	30
Degrés	Peu humifère	Moyennement humifère	Humifère	Très humifère	Extrêmement humifère	
Indices	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(7)
Types d'horizon	Valeurs moyennes hydromorphe minéral		Hydromorphe minéral	Hydromorphe moyennement organique	« Histique »	Tourbes

3.3.2.4.3. Acidité (a)

L'échelle est établie en fonction des niveaux d'apparition de toxicité (Al, Mn, Na), de troubles nutritionnels (P, N), de limites ou optima culturaux (coton, canne, arachide, manioc). Pour les profondeurs se conformer aux règles d'écriture (cf. Tabl. VIII).

- 1 très acide - pH inférieur à 4,5
- 2 acide - pH entre 4,5 et 5,5
- 3 peu acide - pH entre 5,5 et 6,5
- 4 neutre - pH entre 6,5 et 7,5

- 5 légèrement alcalin - pH entre 7,5 et 8,5
- 6 alcalin - pH supérieur à 8,5

3.3.2.4.4. Saturation (v)

L'échelle est liée à la précédente dans les conditions de la Bénoué, ses niveaux correspondant aux mêmes classes de régression.

- 2 très désaturé - v inférieur à 40 %
- 3 désaturé - v entre 40 et 60 %
- 4 peu désaturé - v entre 60 et 80 %
- 5 saturé - v supérieur à 80 %

TABLEAU VIII

Echelle des pH (eau) et ses paramètres de base

indices	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)				
degré	très acide	acide	peu acide	neutre	peu alcalin	alcalin				
pH	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5
- domaines de tolérance et optimum :										
Riz	4,5 ————— 7									
Coton irrigué pluvial	5,2 ————— 7,5									
Canne	4 ————— 8									
Arachide	5,0 ————— 7									
Manioc	▲									
- domaines de toxicité, de blocage -										
P, blocage (Al, Ee)	----- 5,5									
Mn, toxicité	----- 5,2									
N, blocage	----- 5,0									
Al, toxicité	----- 4,5									
	8,5 Na toxicité									

TABLEAU IX

Equilibre azote total/pH (échelle de fertilité)

FM		- riziculture humide -									
7	2	3		4	5	6		7			
6	3	4	5	6	7						
5,5	2	3	4	5	6			7			
5	2	3		4	5	6	7				
4,5	2			3	4	5	6				
	0,1		0,5	1,0			6,0	10			

PH		- cultures diverses -																			
7	2	4	5	6			7														
6,5	2	3	4	5	6	7															
6	1		3	4	5	6	7														
5	1			3	4	5	6														
4,5	1			3	4	5															
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10

3.3.2.4.5. Fertilité N/pH (f)

L'application des échelles du diagramme de fertilité de Dabin, établi pour les cultures sèches et le riz irrigué dans les bassins du Niger et du lac Tchad, nous a paru satisfaisante pour les sols de la vallée de la Bénoué (cf. tabl. IX).

La fertilité n'est appréciée que dans les 30 premiers cm. Deux indices sont donnés : Le premier pour les cultures diverses, le second entre parenthèses pour le riz irrigué (ex. : f₃₋₍₄₎).

- | | |
|--------------|------------------|
| 1 très basse | 5 bonne |
| 2 basse | 6 très bonne |
| 3 médiocre | 7 exceptionnelle |
| 4 moyenne | |

3.3.2.4.6. Rapport azote sur phosphore (n)

Comme pour l'équilibre N/pH nous nous sommes référés aux abaques de fertilité des sols tropicaux de Dabin. Sur le diagramme (cf. fig. 2) on note l'équilibre, l'excès, ou la carence relative en azote total

ou phosphore total. On ne transcrit en clair que les risques de carences :

- P- risque de carence en P - rapport inférieur à 0,05
- Rien normal - rapport entre 0,05 et 0,1
- N- risque de carence en N - rapport supérieur à 0,1.

3.3.2.4.7. Equilibre des cations échangeables (b)

En fonction des normes établies pour diverses cultures, on recherche les carences éventuelles, absolues ou relatives à un autre élément, en K, Mg, Ca, ou un excès éventuel en Na. Ces résultats sont notés en clair comme ci-dessus. (B. Dabin, 1969- J. Boyer 1970).

- K- risque de carence en K si Mg/K supérieur à 20-25
 - K inférieur à 0,1 mé
 - K inférieur à 0,2 S
 - K inférieur à 0,015 T

- Mg- risque de carence en Mg si Mg/K inférieur à 3
- Ca- risque de carence en Ca si Ca inférieur à 2 mé
- Na+ excès de Na si Na/T supérieur ou égal à 15 %

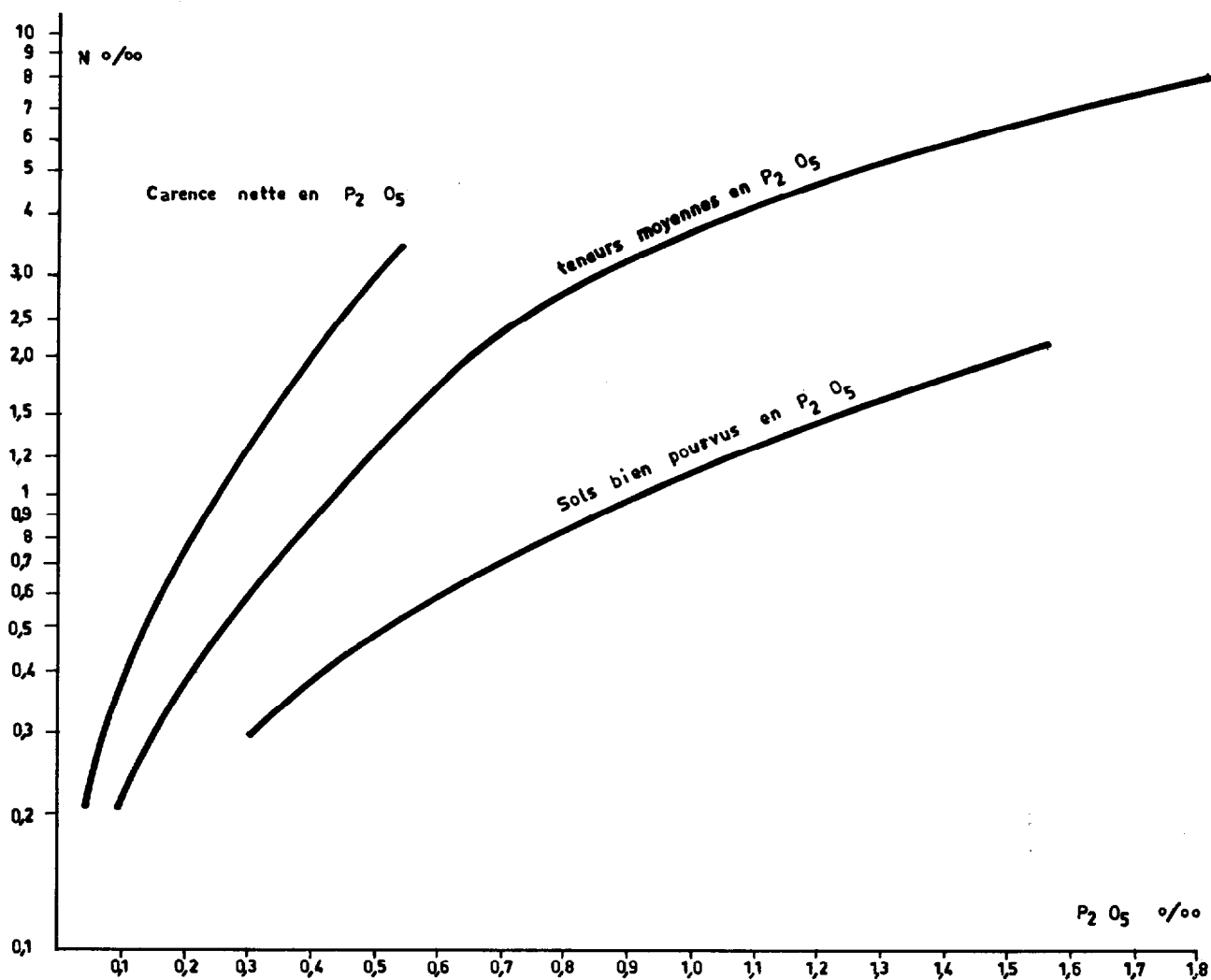


FIG. 2. — Abaques de fertilité des sols tropicaux (Dabin) — Equilibre azote total/phosphore total.

Les teneurs en potassium échangeable et la somme des bases échangeables sont également évaluées et classées relativement à la somme des éléments texturaux fins.

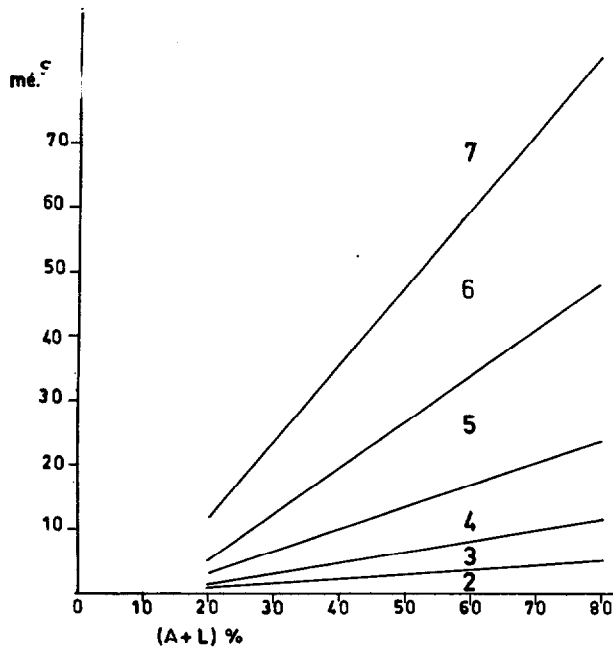
2 bas	5 bon
3 médiocre	6 très bon
4 moyen	7 exceptionnel

Les diagrammes de référence ont été établis selon Boyer, 1970 (cf. fig. 3 et 4).

3.3.2.4.7. Salinité (g) gypse

Nous n'avons pas rencontré de sol salins dans la zone cartographiée, mais à toutes fins utiles l'échelle de Durand est donnée ci-dessous (conductivité L mesurée à 25 °C, extrait 1/5).

1 très salin	: 10 à 20 mé/100 g - L entre 2000 et 4 000 μ mhos
2 salin	: 5 à 10 mé/100 g - L entre 1 000 et 2 000 μ mhos
3 peu salin	: 2,5 à 5 mé/100 g - L entre 500 et 1 000 μ mhos
4 non salin	: 0 à 2,5 mé/100 g - L inférieur à 500 μ mhos



2 : bas 3 : médiocre 4 : moyen 5 : bon 6 : très bon 7 : exceptionnel

FIG. 3. — Équilibre : somme des bases échangeables/texture

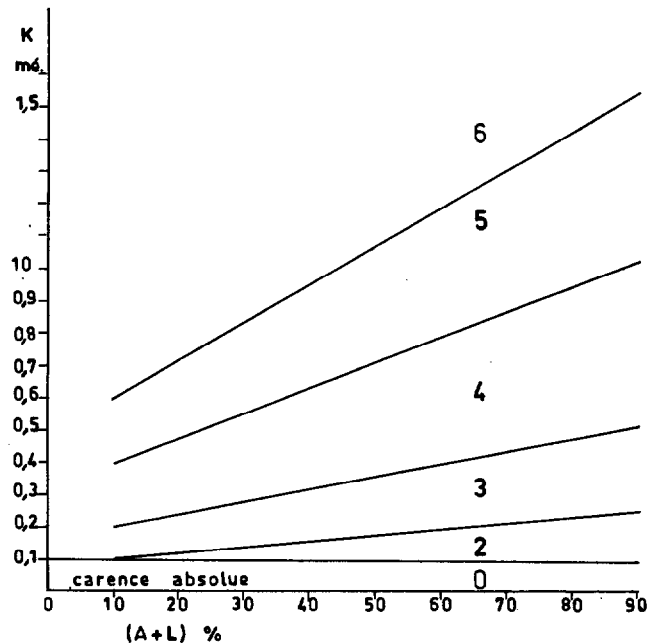


FIG. 4. — Équilibre : potassium échangeable/texture

3.4. Le classement des terres et la légende de la carte d'aptitudes

Les diverses combinaisons des sous-classes d'aptitudes actuelles et potentielles, peuvent être obtenues par représentation dans un tableau carré à double entrée, à raison d'une sous-classe par degré (cf. tabl. X). Par des permutations adéquates entre lignes et entre colonnes (regroupement par exemple des sols inaptes et à aptitude marginale en aptitude actuelle), le tableau est divisible en 6 parties, regroupements de ces combinaisons en six ensembles qui peuvent être définis de façon très simple.

Ensemble n° 1 : Sols toujours aptes, correspondant aux combinaisons des sous-classes actuelles 11 et 12 et des sous-classes potentielles 21 et 22.

Ensemble n° 2 : Sols aptes mais toujours sous conditions de travaux, correspondant aux combinaisons des sous-classes actuelles 21 et 22 et des sous-classes potentielles 21 et 22.

Ensemble n° 3 : Sols aptes mais uniquement après aménagement important, inutilisables ou marginaux en régime agronomique traditionnel. Ils correspondent aux combinaisons des sous-classes actuelles 13, 23, 3 et des sous-classes potentielles 21 et 22.

Ensemble n° 4 : Sols aptes uniquement en régime traditionnel, correspondant aux combinaisons des sous-classes actuelles 11 et 12 et des sous-classes potentielles 23 et 3.

Ensemble n° 5 : Sols aptes après travaux mais uniquement en régime traditionnel. Ils correspondent aux combinaisons des sous-classes actuelles 21 et 22 et des sous-classes potentielles 23 et 3.

Ensemble n° 6 : Sols toujours marginaux ou inaptes, correspondant aux combinaisons des sous-classes actuelles 13, 23, 3 et des sous-classes potentielles 23 et 3.

TABLEAU X

Classement d'aptitudes, avec regroupement des unités d'utilisation portant indication du secteur écologique et des numéros de caisson des sols en six ensembles cartographiques

APTITUDES POTENTIELLES		CLASSE 2			CLASSE 3	
		APTITUDES CONDITIONNELLES			SOLS INAPTES	
APTITUDES ACTUELLES		APTITUDE ELEVEE	APTITUDE MOYENNE	APTITUDE MARGINALE	INAPTES	
		21	22	23	3	
SOLS APTES CLASSE 1 SANS CONDITIONS	APT. ELEVEE	11	1H <input type="text"/> 28	1	4	
	MOYENNE	12	1B <input type="text"/> 41 <input type="text"/> 42 <input type="text"/> 43			1A <input type="text"/> 4 <input type="text"/> 6
	MOYENNE	12		1B <input type="text"/> 44	4G <input type="text"/> 81 <input type="text"/> 83	4G <input type="text"/> 30
APTITUDES CONDITIONNELLES	APTITUDE ELEVEE	21	2B <input type="text"/> 46 <input type="text"/> 48	2B <input type="text"/> 49 <input type="text"/> 50	5	5D <input type="text"/> 8
			2C <input type="text"/> 52	2I <input type="text"/> 32 <input type="text"/> 33		5F <input type="text"/> 59
			2E <input type="text"/> 61 <input type="text"/> 62 <input type="text"/> 63 <input type="text"/> 64	2J <input type="text"/> 39		
			2G <input type="text"/> 71			
	APTITUDE MOYENNE	22	2B <input type="text"/> 47	2A <input type="text"/> 7	5I <input type="text"/> 79	
			2C <input type="text"/> 51	2D <input type="text"/> 58		
			2E <input type="text"/> 65 <input type="text"/> 66 <input type="text"/> 67 <input type="text"/> 68	2G <input type="text"/> 10		
			2G <input type="text"/> 18	2H <input type="text"/> 12 <input type="text"/> 13 <input type="text"/> 14 <input type="text"/> 15		
SOLS INAPTES ET SOLS A APTITUDE MARGINALE	APTITUDE MARGINALE	13		3B <input type="text"/> 45	6G <input type="text"/> 84	6A <input type="text"/> 3
	23		3E <input type="text"/> 69 <input type="text"/> 75 <input type="text"/> 76 <input type="text"/> 77			6F <input type="text"/> 60
	INAPTES	3	3C <input type="text"/> 53	3E <input type="text"/> 25	6C <input type="text"/> 55 <input type="text"/> 56 <input type="text"/> 57	6A <input type="text"/> 1 <input type="text"/> 2
			3F <input type="text"/> 34 <input type="text"/> 35 <input type="text"/> 36	3F <input type="text"/> 37 <input type="text"/> 38	6D <input type="text"/> 78	6E <input type="text"/> 26
					6E <input type="text"/> 17	6G <input type="text"/> 73 <input type="text"/> 80
				6F <input type="text"/> 34	6H <input type="text"/> 16	
					6I <input type="text"/> 5 <input type="text"/> 11	

① SOLS TOUJOURS APTES

③ SOLS UTILISABLES
UNIQUEMENT APRES
AMENAGEMENT.

⑤ SOLS UTILISABLES EN
REGIME TRADITIONNEL
APRES TRAVAUX

② SOLS A APTITUDE
TOUJOURS CONDITIONNELLE

④ SOLS UTILISABLES EN
REGIME TRADITIONNEL
SEULEMENT

⑥ SOLS TOUJOURS INAPTES

Chacun de ces 6 ensembles est représenté sur la carte d'aptitudes par son numéro et une trame noire spécifique.

Des intensités de bleu croissant avec l'hydromorphie (rappelons que l'hydromorphose est le premier

des critères de différenciation des secteurs écologiques) et une lettre (symboles A à J — cf. précédemment) représentent les secteurs écologiques. Un tableau donné en légende de la carte d'aptitudes précise en outre les ensembles culturaux appropriés (cf. tabl. XI).

TABLEAU XI

Secteurs écologiques

LIT MAJEUR			TERRASSE				
Berges et bourrelets	CEREALES SECHES CULTURES VIVRIERES MARAICHAGE ARBORICULTURE	A	<input type="checkbox"/>	Bourrelets, buttes, tertres	CULTURES VIVRIERES ARACHIDE ARBORICULTURE	I	<input type="checkbox"/>
Levés et deltas	CEREALES SECHES CULTURES VIVRIERES MARAICHAGE COTON TABAC ARBORICULTURE	B	<input type="checkbox"/>				
Pied de levées	(RIZ)	C	<input type="checkbox"/>	Flats de terrasse	RIZ, MAÏS, CANNE COTON CULTURES VIVRIERES	G	<input type="checkbox"/>
Plaines de débordement	CEREALES HUMIDES RIZ, MAÏS, BLE, SORGHO, CANNE, COTON	D	<input type="checkbox"/>				
Cuvettes de débordement	RIZ, MOUSKOUARI (COTON, CANNE)	E	<input type="checkbox"/>	Dépression à vertisols	RIZ, MOUSKOUARI (COTON, CANNE)	H	<input type="checkbox"/>
Cuvettes de décantation	RIZ	F	<input type="checkbox"/>	BAS DE VERSANT	RIZ, MARAICHAGE CULTURES VIVRIERES	J	<input type="checkbox"/>

La superposition des deux couleurs définit des ensembles réunissant des unités d'utilisation très proches, sur la carte et sur le tableau carré et permet de préciser les divers types de cultures envisageables.

Pour faciliter les repérages, les numéros des ensembles précités et les lettres (de A à J) indiquant les secteurs sont reportés sur la carte d'utilisation, alors que les numéros des caissons de la carte pédologique se lisent entre parenthèses dans la légende d'utilisation au-dessous du figuré correspondant (1 à 80). Les numéros des caissons pédologiques permettent de retrouver rapidement dans le texte de la monographie les définitions précises des unités d'utilisation proprement dites. Pour faciliter ce repérage nous n'avons pas cherché à éliminer du tableau quelques éléments redondants : il s'agit de la répétition possible dans le tableau d'une même combinaison (ex. : 6A) correspondant à un secteur écologique (A) et appartenant à un ensemble d'apti-

tude (6) déterminés, mais introduite à propos de deux groupes d'unités pédologiques (3 et 1,2) présentant de légères différences d'aptitudes ((3) : aptitude actuelle marginale, potentiellement inaptes, (1, 2) : totalement inaptes).

Une synthèse justificative du classement d'aptitudes peut être fournie sous forme d'un tableau à double entrée portant en ordonnée les unités pédologiques dans l'ordre de leur présentation dans la monographie (en fait ordre d'apparition dans la classification CPCS), et en abscisse les contraintes édaphiques et le classement d'aptitudes en résultant. Ce dernier, établi séparément en aptitudes actuelle et potentielle, fait mention pour chacune d'elles de (ou des, en général deux au maximum) l'unité d'aptitude qui a la préférence, des ensembles de cultures appropriés et des travaux correspondants. Ce tableau accompagnant la carte d'aptitudes permet à l'utilisateur de retrouver rapidement les facteurs limitants responsables du classement adopté.

ANNEXE

— Quelques coupes topographiques transversales de la vallée de la BENOUE.

— Un exemple de carte topographique, carte pédologique et carte d'aptitudes culturales (simplifiées) : Les méandres de LAINDE et DJEM.

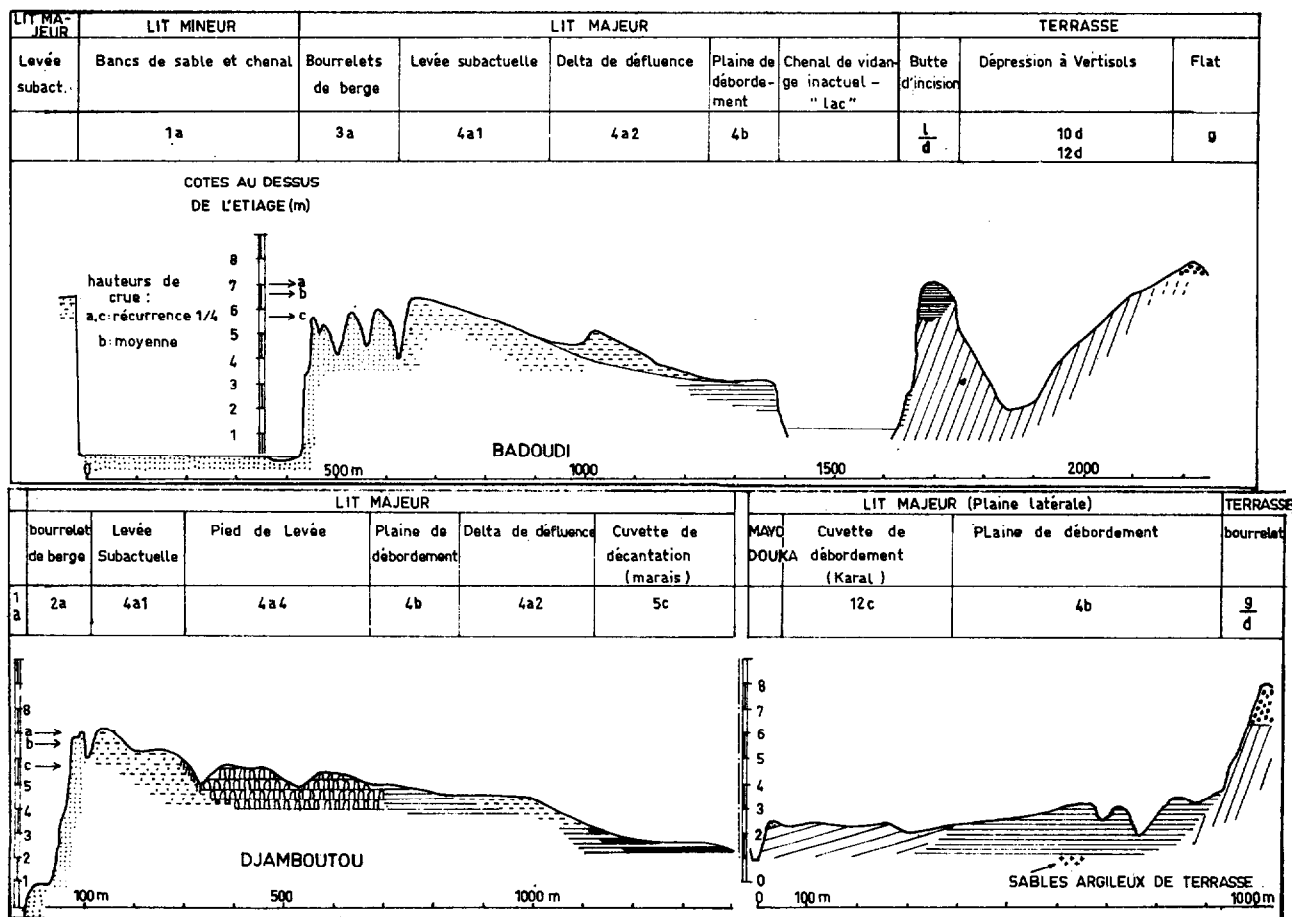


FIG. 5. — Coupes topographiques transversales de la vallée de la Bénoué

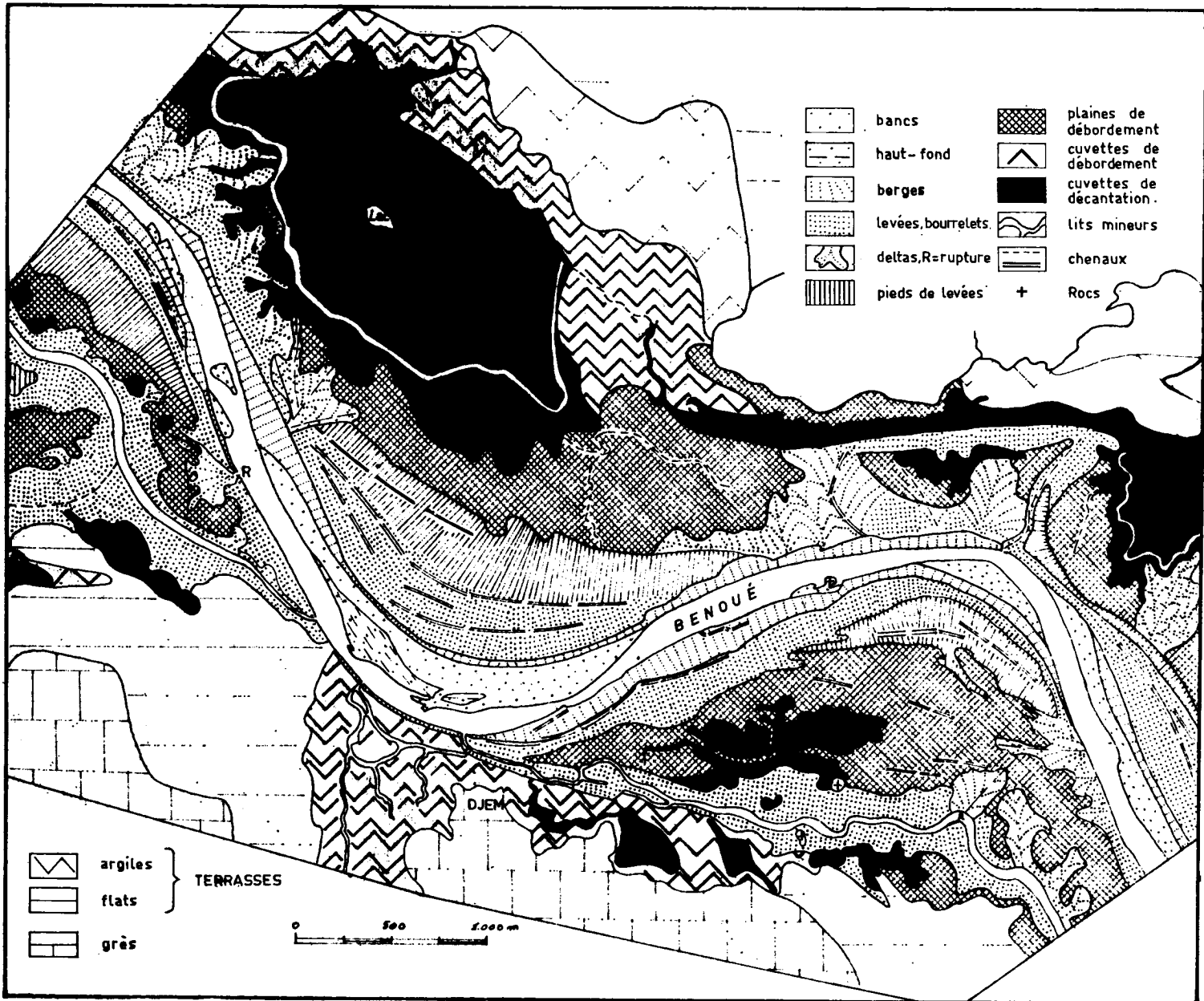


FIG. 6. — Topographie des méandres de Laine et de Djem

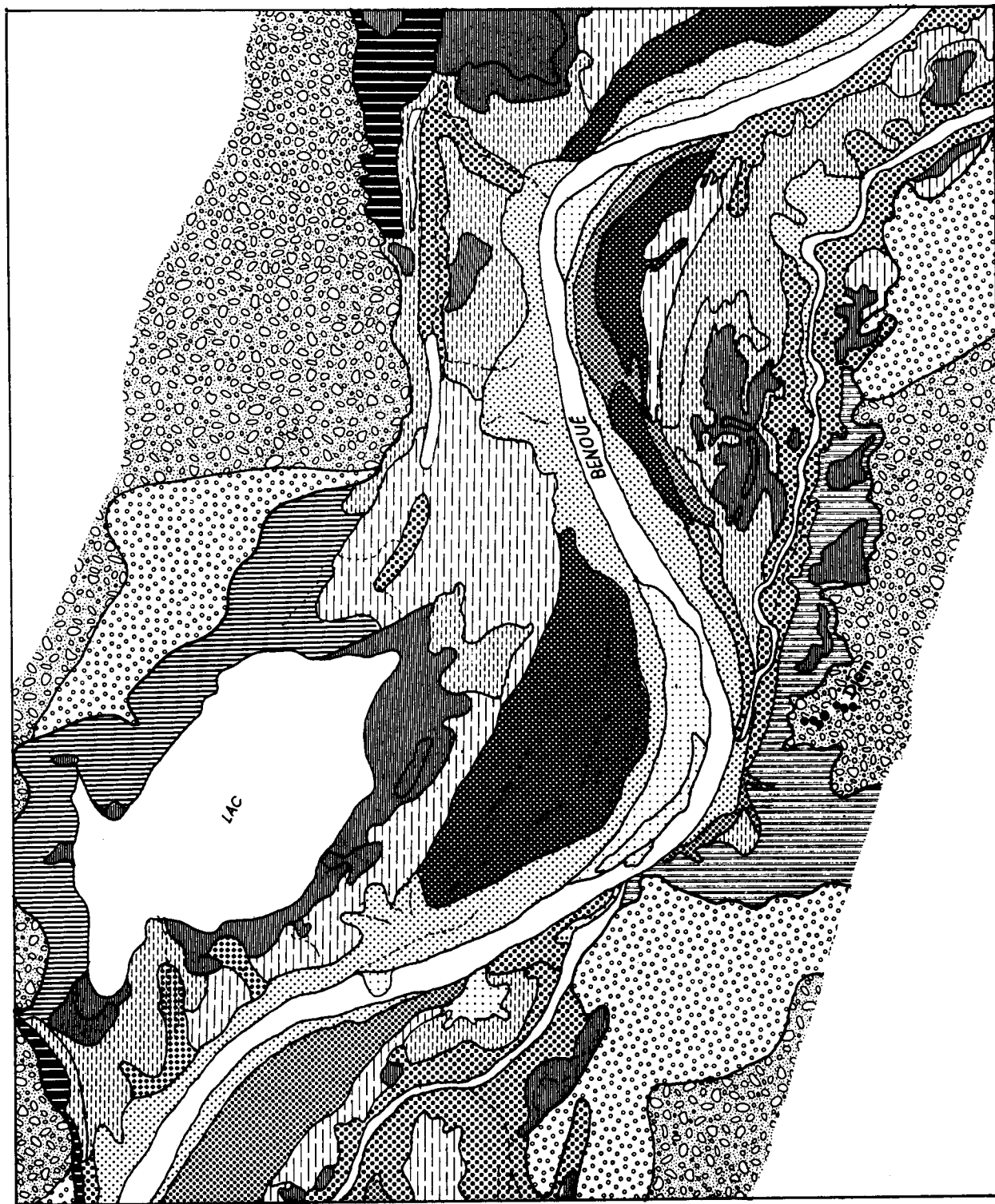





Fig. 7. — Pédologie des méandres de Lainde et de Djem.

I. SOLS MINÉRAUX BRUTS

I.1 - D'origine non climatique

I.12 - D'apport alluvial

122 - A nappe à plus de 1m de prof
- sur alluvions


(1-3)  Bancs de sable et deltas
de rupture de berge

II. SOLS PEU ÉVOLUÉS

II.4 - D'origine non climatique

II.42 - D'apport alluvial

422 - Hydromorphes
- sur alluvions


(6)  Séries à pseudogley
peu marqué en surface

III. VERTISOLS

III.1 - A drainage externe réduit

III.12 - A structure anguleuse en surface

121 - Modaux
- sur argiles de terrasses

(12)  Série noire à structure
grossière

122 - Vertiques
- sur argiles de décantation

(17)  Séries compactes

123 - Hydromorphes
- sur argiles de décantation

(23)  Séries non lessivées

XI. SOLS HYDROMORPHES

XI.3 - Minéraux


XI.31 - A gley


311 - A gley peu profond
- sur argiles de décantation


(35-36
37-38)  Séries indifférenciées


XI.32 - A pseudogley

321 - A pseudogley de surface
Sur alluvions


(41-44
45-48)  Séries à hydromorphie
de surface modérée


(51)  Séries de transition
à hydromorphie modérée

(55-56)  Séries hydromorphes
à caractères de sols
lessivés et/ou planiques
et solonetziques


(59)  Séries hydromorphes
à structures fines
ou moyennes


Sur argiles limoneuses

(61-64)  Séries hydromorphes
à structures fines
ou moyennes en surface

(65-66
67-68)  Séries très hydromorphes
à structure plus grossière
en surface

UNITÉS INDIFFÉRENCIÉES

(85)  Sols sur grès (I, II)

(86)  Sols de la terrasse
(II, III, V, IX, XI, XII)

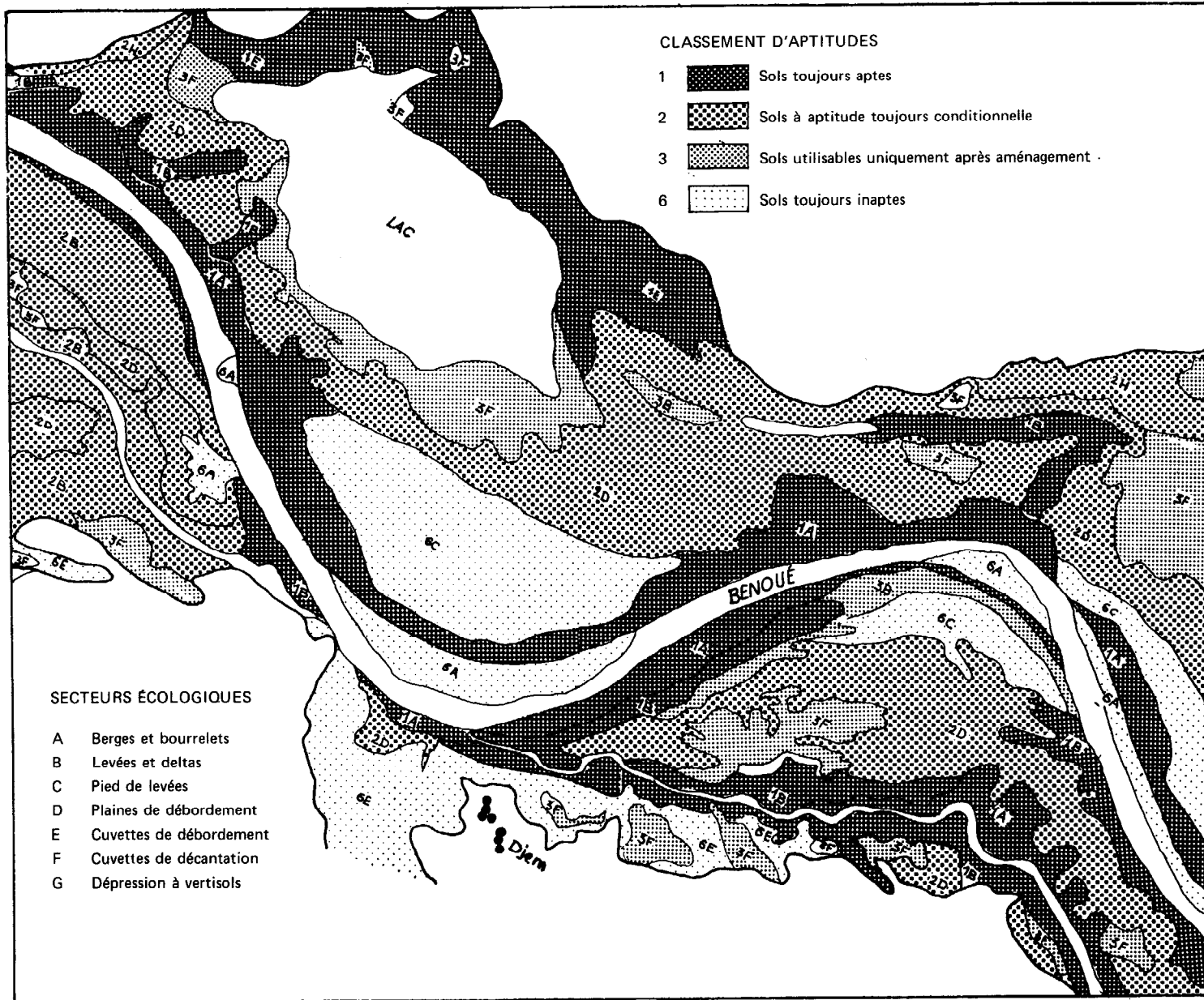


FIG. 8. — Carte d'aptitudes culturelles des méandres de Lainde et de Djem.

BIBLIOGRAPHIE

- BOULET (J.), 1972. — Les pays de la Bénoué. *Multigr.*, 133 p., ORSTOM, Yaoundé.
- BOYER (J.), 1970. — Essai de synthèse des connaissances acquises sur les facteurs de fertilité des sols en Afrique Intertropicale francophone. *Multigr.* ORSTOM-Paris, 175 p.
- COLLOQUE SUR LA FERTILITÉ DES SOLS TROPICAUX - Tananarive (Madagascar) 11-25 novembre 1967 - 2 tomes. Edité par I.R.A.T.
- DABIN (B.), 1964. — Etude générale des conditions d'utilisation des sols de la cuvette tchadienne. ORSTOM Travaux et Documents, n° 2, 200 p.
- FAO, 1973. — Land Evaluation for rural purposes - Summary of an expert consultation. Waeningen, Pub 17.
- FAUCK, 1974-75. — Inédit.
- GAVAUD (M.), RIEFFEL (J.M.), MULLER (J.P.), 1975. — Les sols de la vallée de la Bénoué. De Lagdo au confluent du Faro. ORSTOM, Yaoundé, 690 p. 4, tomes
Tome A : Facteurs de l'environnement (90 p., 9 pl.)
Tome B : Monographies et aptitudes culturales (300 p., 47 tabl., 27 planches).
Tome C : Annexes (descriptions des profils, fiches analytiques, méthodes d'étude, facteurs de fertilité, nomenclature des horizons, liste des figures, symboles, 300 p.)
Tome D : Cartes
4 cartes pédologiques à 1/25 000
4 cartes d'aptitudes culturales à 1/25 000
1 esquisse de végétation à 1/100 000
1 esquisse des grandes familles de sols à 1/100 000
1 tableau général des contraintes édaphiques et classement d'aptitudes par unités de sol.
- MULLER (J.P.), 1974. — Aptitudes culturales des sols de l'Ouest-Cameroun-Notion, établissement et utilisation des cartes. *Multigr.* ORSTOM, Yaoundé, 90 pages.
- SECRETARIAT D'ÉTAT AUX AFFAIRES ÉTRANGÈRES, Rép. Française, 1969. — Techniques rurales en Afrique, n° 12. Conservation des sols au Sud du Sahara, 211 (A). Paris. Imp. SAMACETA.