

O.R.S.T.O.M

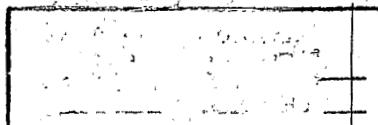
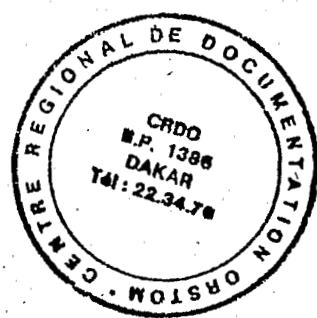
Institut Français
de Recherche Scientifique
pour le Développement
en Coopération

mhp n° 53

TABLE RONDE SUR
LES BARRAGES ANTISELS

(Ziguinchor, 12 au 15 juin 1985)

TYPOLOGIE DES BASSINS-VERSANTS
EN CASAMANCE



J.P. LAMAGAT,
Hydrologue

J.Y. LOYER,
Pédologue.



O.R.S.T.O.M

Institut Français
de Recherche Scientifique
pour le Développement
en Coopération

TABLE RONDE SUR
LES BARRAGES ANTISELS

(Ziguinchor, 12 au 15 juin 1985)

TYPOLOGIE DES BASSINS-VERSANTS
EN CASAMANCE



D, DBφ - LAM

CRDO - DAKAR	
date	10.2.88
n°	5752 cote

J.P. LAMAGAT,
Hydrologue

J.Y. LOYER,
Pédologue.

1. DESCRIPTION DU MILIEU PHYSIQUE

Pour tous les bassins des affluents de la Casamance, le schéma est le même. On distingue deux parties très différenciées sur le plan physique :

- une partie basse, en eau : le bas-fond, les mares et les marigots ;
- les zones périphériques : versants, terrasses, plateaux.

L'absence de relief marqué n'a pas permis la formation d'un réseau hydrographique dense. Malgré tout, ce réseau a réussi à morceler le plateau du Continental Terminal qui dépasse rarement la cote 30 m.

Le Continental Terminal est constitué en basse Casamance de grès souvent argileux avec un ou plusieurs horizons cuirassés ; l'ensemble est de perméabilité médiocre et l'aquifère de la nappe phréatique a peu de ressources. Dans la partie sud de l'estuaire (région d'Oussouye), les plateaux sont très morcelés et ceinturés d'alluvions de différentes époques du Quaternaire. Dans la partie nord (région de Bignona), le plateau est tranché au-dessous des sédiments récents par un système de failles mettant en évidence, à travers les entailles des réseaux hydrographiques, plusieurs niveaux cuirassés.

Sous l'impulsion de la houle du nord-ouest, s'est mis en place un système de flèches et de cordons littoraux qui ont fermé le vaste golfe déblayé lors de la grande régression Préholocène (15 000 - 20 000 B.P.) responsable du creusement des vallées, plus ou moins colmatées lors du Nouakchottien, qui dissèquent le plateau du Continental Terminal dont notamment les vallées de Bignona et de Baïla.

La transgression Nouakchottienne (5 000 B.P.) entraîne le comblement de l'estuaire et des basses vallées et la construction de terrasses étagées, sableuses, fréquentes dans l'estuaire et ourlant parfois le plateau du C.T.

Entre les cordons littoraux, les terrasses et les plateaux, s'est produite une sédimentation récente qui est à l'origine des vasières à mangroves, sillonnées de chenaux profonds.

Les points les plus hauts culminent à une trentaine de mètres. Dans le cas du bassin de Baïla, qui est assez représentatif de la région, la pente moyenne transversale est faible et évolue peu de l'aval vers l'amont, de 1,2 % à 1,5 %. A l'aval de Kartiak, elle descend jusqu'à 0,5 %.

La profonde pénétration des eaux marines de faible marnage et les nombreuses circonvolutions du lit du marigot indiquent que la pente longitudinale est négligeable sur toute la partie aval de Balandine. On passe de pentes longitudinales de l'ordre de 10⁻² à l'amont de Toukara (plateaux et versants) à 10⁻³ et même 2.10⁻⁴ vers Kartiak.

Le cours aval d'un marigot est bordé de larges vasières avec de nombreux chenaux de tailles diverses et de multiples ramifications. Les vasières les plus basses, submergées régulièrement par la marée, sont

peuplées par la mangrove (vasière ou slikke), tandis que celles qui sont rarement atteintes portent quelques touffes d'herbes ou sont dénudées avec présence d'une croûte saline (schorres ou "tanne").

En dehors des zones soumises à l'influence de la marée, les bas-fonds marécageux ou aménagés en rizières couvrent des superficies importantes de part et d'autre du cours supérieur du marigot.

L'écoulement de surface et son importance sont soumis aux contraintes de chacun des deux principaux milieux caractérisant les bassins versants de basse et moyenne-Casamance.

2. CONDITIONS CLIMATIQUES

Les caractéristiques du climat résultent de la position géographique de la zone intéressée et des facteurs aérologiques. La proximité de la côte induit des caractères tropicaux atténués.

Trois vents venant de directions différentes se partagent une influence majeure sur le climat de la Casamance :

- L'Alizé maritime issu de l'Anticyclone des Açores, de direction nord à nord-ouest, humide, frais et parfois froid en hiver, il intéresse la zone ouest de la Casamance.
- L'Harmattan souffle de l'Est, c'est la fin de l'Alizé continental saharien. Il est très sec, avec de grandes amplitudes thermiques. Il est très évaporant en raison de sa sécheresse.
- La Mousson, qui résulte de l'Anticyclone de Saint Hélène. Elle est très chargée en eau et provoque les précipitations de juin à octobre. Dès novembre, les alizés reprennent une position dominante.

La température moyenne annuelle est de l'ordre de 27°. Le minimum mensuel se situe en janvier et le maximum en mai-juin. A noter un minimum relatif en août et un maximum en octobre.

L'humidité relative est basse durant la saison sèche, toujours inférieure à 60 %, et se situe aux alentours de 80 %, de juillet à octobre (en moyenne).

L'insolation est relativement uniforme ; elle est importante toute l'année ; le couvert nuageux de l'hivernage crée une légère baisse.

Les vents ont été décrits ci-dessus : de novembre à avril la direction nord-est est dominante ; à partir de mai, elle passe au sud-ouest, vecteur d'humidité. Les vitesses peuvent atteindre 4 m/s en fin de saison sèche et descendre aux alentours de 1 m/s en hivernage. Lors du passage des grains, on enregistre des vitesses de l'ordre de 20 m/s.

L'ETP (évapotranspiration potentielle) est importante, elle est évaluée à 1 500 mm.

L'analyse de la pluviométrie annuelle pour différentes périodes permet de tracer les isohyètes de la figure 3. Celle-ci permet de constater le glissement très marqué vers le sud des lignes 1 300 à 1 700 mm.

Dans le cadre de l'étude hydrologique du marigot de Baïla, une étude des isohyètes interannuelles pour diverses périodes a permis de dégager les résultats suivants :

- période humide, de 1954 à 1970 ;
- période sèche, depuis 1968, avec des variations interannuelles importantes et surtout une diminution très marquée des hauteurs annuelles précipitées.

Le déficit est très apparent si l'on compare les hauteurs moyennes par décennie à la moyenne de la période d'observation. On note que pour les dix dernières années, la moyenne est inférieure à 90 % de la moyenne interannuelle, alors que pour la décennie 1959-1968, les chiffres sont très proches de cette dernière.

3. ECOULEMENT DE SURFACE

Comme expliqué dans ce qui précède, l'écoulement de surface est bien différencié suivant la partie du bassin sur laquelle on l'observe.

Les études hydrologiques effectuées par l'ORSTOM sur le bassin de Baïla ont permis d'effectuer une évaluation assez précise des coefficients d'écoulement selon les zones observées :

- pour la zone exondée : plateaux - versants - terrasses, le coefficient d'écoulement ressort à 0,17 %, chiffre très faible ;
- pour les zones basses, la quasi permanence de la submersion leur confèrent un coefficient d'écoulement différent. Il faut distinguer deux sous-zones :
 - les vasières, qui ont un K_e de l'ordre de 100 %,
 - les schorres, qui englobent la partie terminale du domaine des *Avicennia nitida* et les tannes. Le coefficient d'écoulement est ici de 75 % .

Il résulte un coefficient moyen de l'ordre de 80 % pour les zones basses.

L'observation des divers sous-bassins permet de tirer les conclusions en ce qui concerne les coefficients d'écoulement :

- diminution d'amont en aval des surfaces à $K_e = 0,17 \%$;
- augmentation de celles à $K_e = 80 \%$;
- croissance de K_e d'amont en aval.

Le tableau n° 1 ci-dessous est très intéressant quant à la progression du Ke lorsqu'on va de l'amont vers l'aval sur le bassin du marigot de Baïla.

Tableau n° 1 :

Caractères des zones d'écoul. Stations	Surf. totales des BV, (km^2)	Surfaces à $K = 0,17\% (\text{km}^2)$	Surfaces à $Ke = 80\% (\text{km}^2)$	Ke moyen en %
Toukara	324	324	0	0,17
Djibidione	644	632	12	1,66
Balandine	852	816	36	3,54
Baïla	1342	1241	101	6,10
Kartiak	1634	1438	196	9,75

Les observations effectuées sur le bassin de Bignona en 1970-71, année de pluviométrie sensiblement moyenne, ont aussi permis de dégager les résultats qui se trouvent dans le tableau n° 2.

Tableau n° 2 :

Marigot de Bignona contrôlé à	Superficie totale km ²	Superficie des zones basses km ² (à Ke = 0,8)	Reste du bassin km ² (à Ke = 0,06)	Coefficient d'écoulement global %
Bignona	306	1,7	304,3	6,4
Etékomé	509	29,8	479,2	10,3
Djiloguire	650	64	586	13,3
Elora	718	107	611	17

Pendant l'année 1966-67, Y. BRUNET-MORET a trouvé des coefficients d'écoulements tout à fait comparables dans la zone. A Kolda, le coefficient pour une pluviométrie proche de la normale est de 6 % .

En 1966-67, les bassins de Djinonaye, Tankoron et Django ont donné les résultats consignés dans le tableau n° 3.

Tableau n° 3 :

Bassin	km ²	He mm	P mm	Ke %
Djinonaye	11	32	1355	2,4
Tankoron	43	140	1330	10,5
Django	135	140	1255	11,2

En 1970-71, les deux premiers bassins présentent des Ke plus faibles, la pluviométrie étant cette année-là proche de la moyenne : 6,2 % à Tankoron, et 8,1 % à Django. La même année, on observait 8,6 % d'écoulement à Sindian et 5,6 % à Sandougou.

De tout cela, il ressort que les coefficients d'écoulement sont relativement homogènes dans toute la zone qui nous intéresse et qu'il faut considérer que le coefficient d'écoulement efficace est de l'ordre de 5 à 6 % au niveau des exutoires de bassins pour une pluviométrie moyenne.

4. TYPOLOGIE DES SOLS

Au plan pédologique, la basse et la moyenne-Casamance dans lesquelles se situe la problématique des ouvrages antisels, sont couvertes par deux grands domaines plus ou moins interdépendants quant à leur fonctionnement :

- le domaine exondé des plateaux,
- le domaine fluvio-marin.

Dans chacun d'eux, la répartition des sols se fait de façon relativement régulière en fonction de deux principaux facteurs de formation : le matériau originel et la topographie ou les aménagements, qui permettent la différenciation de caractères d'hydromorphie, de salure ou d'acidité, liés à un excès ou un déficit hydrique.

4.1 En domaine exondé, la toposéquence représentative est la suivante (cf. fig. 1 et 2) :

Au sommet des plateaux, les "sols Rouges" faiblement ferrallitiques différenciés sur matériau sablo-argileux du Continental Terminal ; profonds à texture légère au moins en surface, poreux, friables. Chimiquement pauvres car très désaturés en bases, bien drainés, ils constituent des milieux secs ; ils sont couverts soit par la forêt, soit par les cultures pluviales annuelles (mil, arachide, maïs...). Ce sont des sols très fragiles qui nécessitent une bonne couverture végétale ou des défrichements et aménagements culturels prudents pour être protégés contre l'érosion.

Le moyen terme de la séquence est constitué par les "sols Beiges", ferrugineux tropicaux lessivés développés sur le même matériau sablo-argileux ; ils diffèrent des sols Rouges par la présence d'un horizon d'accumulation d'argile qui leur confère une capacité de rétention et une réserve en eau utile plus importante. Du fait de cette texture plus fine, ils peuvent subir un engorgement temporaire plus ou moins prolongé selon leur position topographique et présentent alors un caractère d'hydromorphie à pseudogley. Dans la partie moyenne et amont du bassin de la Casamance, ils sont associés à des cuirasses ou gravillons ferrugineux qui font par contre pratiquement totalement défaut en Casamance maritime. Ils sont couverts de forêt ou cultivés ; après défrichement, leur sensibilité à l'érosion hydrique est forte, même sur faible pente (cf. travaux de Séfa).

Le terme ultime de ce domaine est constitué par les "sols Gris" hydromorphes, limités à une frange plus ou moins étroite en fin de pente. Du fait de leur position topographique, ils bénéficient de l'apport latéral de la nappe du Continental Terminal et sont très engorgés, ce qui entraîne une déferrification et un appauvrissement des profils généralement très sableux. Chimiquement pauvres, ils présentent un intérêt cultural grâce à leur régime hydrique très humide, qui favorise l'installation de cultures post-hivernage.

4.2 En domaine fluvio-marin, la répartition des sols est plus complexe, néanmoins le schéma général d'organisation des différentes unités pédo-logiques dans les vallées de Casamance est le suivant (cf. fig. 1 et 2) :

En tête de vallée, se raccordant aux "sols gris", sont différenciés des sols de fond de vallée hydromorphes à gley ou pseudogley, argileux (localement sableux), reposant sur sables en profondeur et soumis à l'influence d'une nappe saisonnière d'eau douce profonde. Des traces d'anciennes influences marines peuvent y être décelées en profondeur sous forme de racines de palétuviers. Normalement sains, ces sols sont actuellement sur les zones les plus basses (terrasses), soumis à une contamination par les sels du fait de la pénétration de la nappe salée en profondeur. Les fortes remontées capillaires de saison sèche font que les horizons de surface sont parfois eux-mêmes atteints par les sels (structures poudreuses). Cette unité est traditionnellement occupée par les rizières douces et totalement aménagée en parcellaire ; elle constitue la meilleure potentielité rizicole des vallées mais nécessite dans les conditions actuelles, en maints endroits, un aménagement léger pour assurer une protection antisel et une rétention d'eau suffisante. La transition avec l'unité suivante se fait par plusieurs niveaux de terrasses emboîtées qui sont les plus contaminées par les remontées salines et occupées par des sols peu évolués ou hydromorphes, aménagés en rizières actuellement abandonnées dans les parties basses.

Les sols de Tannes : directement en prolongement de la zone des terrasses, sont atteints par les marées de vives-eaux et occupés selon le degré de salinité soit par des herbacées en zone de bordure ou sur des îlots (tanne herbacé et à halophytes, Paspalum, Scirpus...), soit par le sol nu à structure poudreuse ou à croûte saline (tanne vif). Ces unités sont caractérisées par la présence de sols parasulfatés acides, relativement évolués par rapport à la vasière et ayant subi une certaine maturation physique. Leur caractéristique principale est d'être à l'heure actuelle hypersalés et de constituer des bassins d'évaporation intense. Leur niveau d'acidité est bas (pH 3 à 4,5) ; les sulfates y précipitent sous des formes diverses : jarosite, gypse ou même sulfates d'alumine hydratée. Cette unité apparaît aujourd'hui en nette augmentation de superficie par rapport aux années antérieures ; du fait du déficit hydrique en effet, le tanne envahit le paysage en particulier sur la rive droite de la Casamance où tous les affluents majeurs : Baïla, Bignona, Soungrou-grou... sont atteints. En rive gauche, leur extension est plus limitée du fait de la configuration même des sous-bassins et de leur situation plus équatoriale. La principale contrainte à la riziculture de cette unité est actuellement l'hypersalinité des nappes et des sols qui a eu sans doute

par ailleurs un effet bénéfique sur le pH de ces sols après oxydation. Néanmoins, ils restent riches en sulfates et il serait dangereux de les isoler totalement par la fermeture d'un bassin qui constituerait un véritable piège à chlôrures et à sulfates (type Bao Bolon). Leur assainissement est possible par drainage grâce à un aménagement méthodique et progressif calé sur les disponibilités en eaux douces (cf. Koubalan, LE BRUSQ-BOIVIN). Cette unité est "poldérisable", il importe néanmoins de savoir si après dessalement, diverses formes de toxicité dues à l'aluminium ou au fer ne se manifesteront pas (exp. en cours, ORSTOM - Dakar).

Les vasières à mangrove proprement dites sont caractérisées par deux grands types de sols :

- Les sols sulfatés acides, qui ont déjà subi par oxydation une acidification due soit à un drainage artificiel (aménagements ILACO), soit à un abaissement naturel du plan d'eau. Ils sont occupés actuellement par une mangrove dite "décadente" constituée de nombreux restes d'Avicennia associés à des tapis discontinus d'halophytes (Sesuvium, Phylloxerus). Au plan physique, ces sols ne sont pas ou très peu maturés (sur quelques centimètres) ; chimiquement, les nappes sont actuellement à des salinités supérieures à celle de l'eau de mer et riches en produits sulfurés et sulfatés (les sols sont souvent potentiellement sulfatés acides à moyenne profondeur). Leur aménagement pour la riziculture est délicate compte tenu des faibles disponibilités en eau douce à ce niveau des bassins et de leur état de dégradation chimique (pH très bas) ; leur poldérisation serait longue et difficilement envisageable sous les conditions actuelles. Par contre, contrôlées par un plan d'eau artificiel alternativement saumâtre et marin, elles peuvent constituer des zones tampons intéressantes pour la régénération des palétuviers et la pisciculture.
- Les sols potentiellement sulfatés acides, soumis à l'influence des marées biquotidiennes ; ils sont plus ou moins riches en fibres selon la nature du peuplement de palétuviers (Rhizophora très fibreux et actif fixateur des sulfates marins par rapport à l'Avicennia) ; leur caractéristique principale est leur grande richesse en sulfures (sous forme de pyrite) qui restent réduits tant que la submersion s'y maintient et le pH neutre. Ils sont par ailleurs très riches en matière organique constituant des supports intéressants pour la riziculture. Leurs contraintes physiques sont liées à une non structuration et une forte saturation en eau (150 à 300 %) qui leur confère un certain gonflement. La fonction essentielle des barrages antisels est de maintenir ces sols dans leur état submergé pour éviter leur oxydation puis leur acidification brutale.

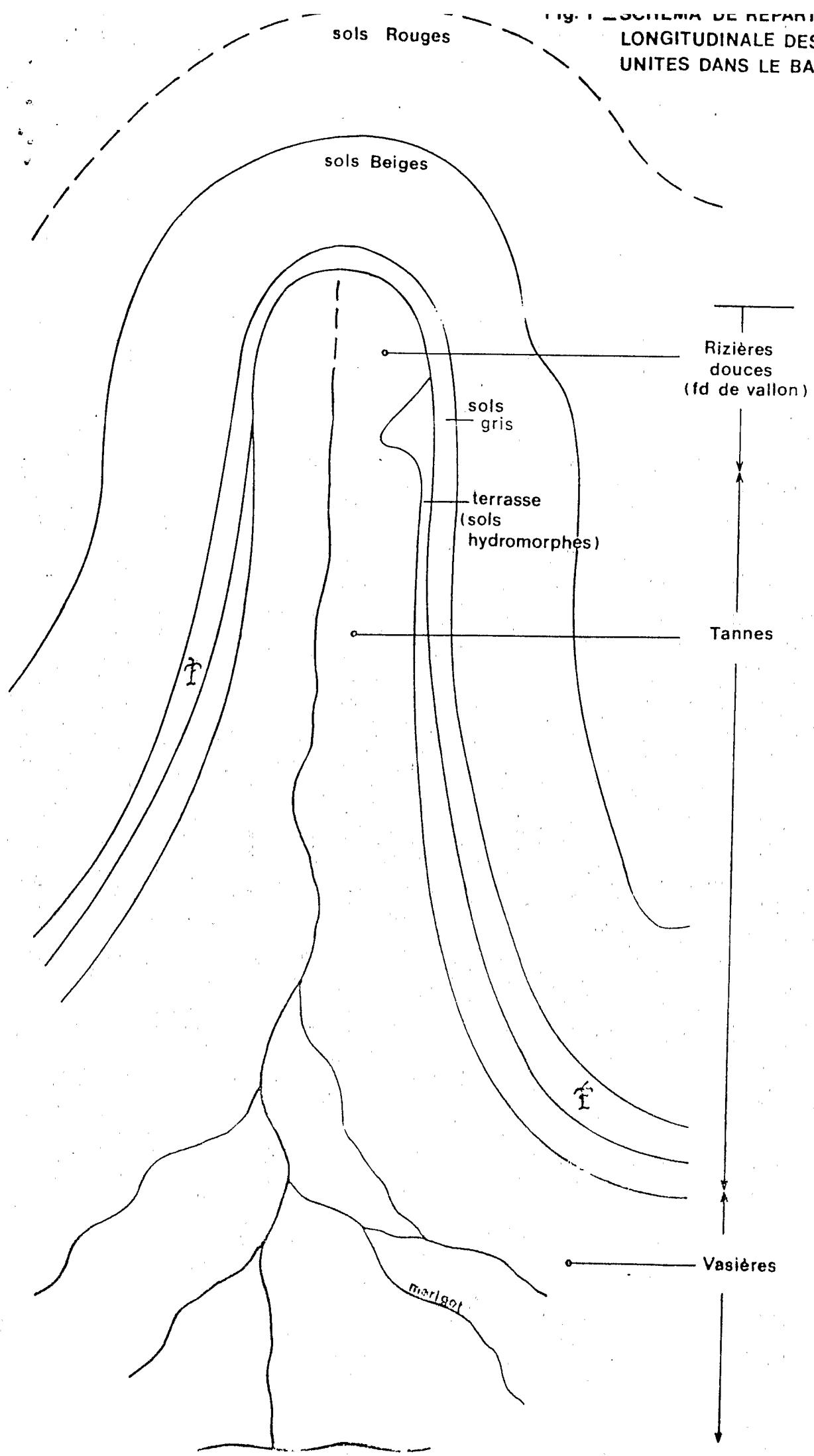
Après la mise en service de Guidel, puis celle de Affiniam, d'autres projets sont envisagés en Casamance en domaine maritime (Kamobeul), mais aussi en domaine plus continental (Baïla, Soungrougrou). La question qui se pose alors aujourd'hui au sujet de ces ouvrages est leur justification même compte tenu des conditions actuelles qui ont très sensiblement évolué depuis leur phase de conception au cours des années 1961-65. A cette époque, la moyenne quinquennale des précipitations se situait à 1 425 mm à Ziguinchor ; elle est aujourd'hui voisine des 1 000 mm.

Sous ces conditions, d'une part le milieu pédologique a lui-même fortement évolué avec une augmentation sensible des surfaces de tannes et de mangroves décadentes pour lesquelles ce type d'aménagement est inadapté et, d'autre part, la fonction réservoir du barrage situé très en aval n'est plus pleinement assurée.

5. CONCLUSION

Il paraît important aujourd'hui de résituer ces projets d'aménagements dans leur contexte actuel de façon à ne décider du type de barrage et de son site d'implantation qu'en ayant une connaissance précise des paramètres hydrologiques et pédologiques de ces bassins versants en pleine évolution. Devant des situations aussi diversifiées dans l'espace et dans le temps, la Recherche recommande que chaque cas fasse l'objet d'une approche personnalisée pour aider à résoudre de la façon la plus judicieuse les problèmes de l'aménagement hydro-agricole en Casamance.

Fig. 1 - SCHEMA DE REPARTITION
LONGITUDINALE DES DIFFERENTES
UNITES DANS LE BASSIN VERSANT



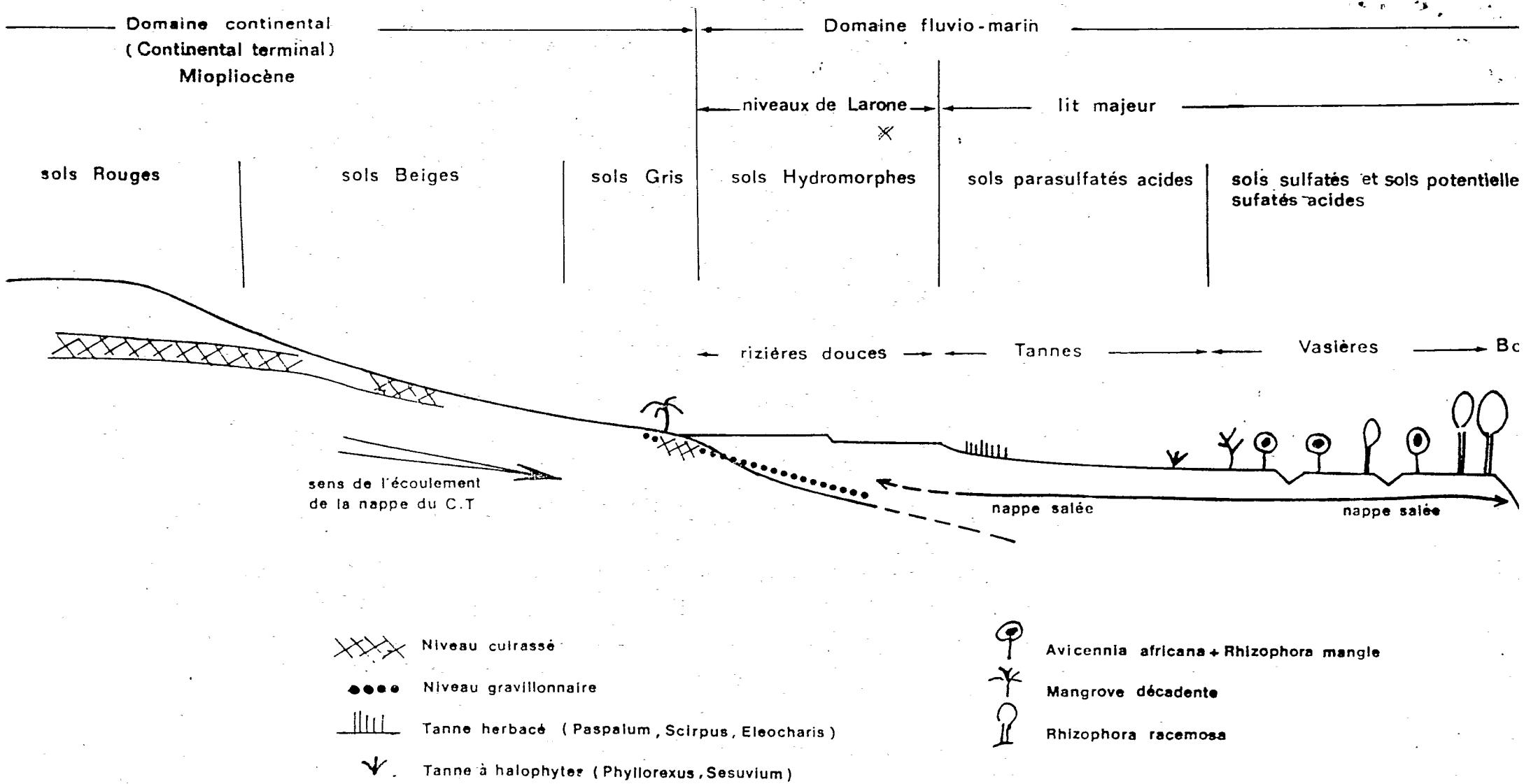


Fig. 2 — SCHEMA DE LA TOPOSEQUENCE CLASSIQUE TRANSVERSALEMENT AU MARIGOT

Fig. 3 — CASAMANCE — ISOHYÈTES MOYENNES ANNUELLES

