

SECHERESSE ET EVOLUTION DES SEDIMENTS  
FLUVIO-MARINS AU SENEGAL

Cas de la Basse Casamance.

P. BOIVIN - J.Y. LOYER - B. MOUGENOT - P. ZANTE.  
Pédologues, ORSTOM, BP 1386 Dakar SENEGAL.

INTRODUCTION.

La sécheresse que connaît la zone intertropicale depuis 15 ans a sensiblement affecté la physionomie des paysages sahéliens. En milieu salé ce phénomène climatique peut avoir des répercussions rapides et profondes sur les sols grâce à la grande mobilité des sels sous ces climats chauds à forte demande évaporatoire. En Basse Casamance, les sédiments de mangrove particulièrement sensibles à ces fluctuations pluviométriques en raison de leur grande instabilité chimique et structurale (VIEILLEFON 1974), ont présenté depuis le début du siècle une évolution qui en a fait un véritable laboratoire naturel. Dans cette chronologie, les relevés climatologiques de la station de Ziguinchor (Basse Casamance) effectués depuis 1935 mettent en évidence deux phases (cf. fig. 1). Ce sont:

- Une période de 1935 à 1968, à pluviométrie "normale", avec plus de 1500mm de précipitations réparties sur 5 à 6 mois.

- La période actuelle où, de 1968 à 1985, la pluviométrie est très déficitaire. L'écart par rapport à la moyenne quinquennale 1931-1985 est négatif et la saison des pluies est réduite à 3 ou 4 mois.

Une troisième phase pourrait apparaître dans l'hypothèse d'un retour à la normale pluviométrique.

Les conditions climatiques successives ont affecté les paysages et les sols. Les différences de régime hydrique ont induit une ambiance géochimique particulière à chaque période, le mode d'aménagement du milieu devant en tenir compte.

La situation passée dominée par l'acidité potentielle.

Sous 1500mm de précipitations, la basse plaine littorale de l'estuaire du fleuve Casamance, constituée de sédiments fluvio-marins récents, se trouve soumise à un régime hydrique équilibré entre les inondations marines biquotidiennes ou bimensuelles (cycles des marées) et les apports d'eau douce issue du ruissellement des bassins versants, en saison des pluies, auxquels s'ajoutent les transferts de nappes toute l'année.

L'apport d'eau douce est donc assuré de façon quasi-permanente, limitant dans le temps une phase de comportement lagunaire (fin de saison sèche) pendant laquelle l'estuaire fonctionne temporairement de façon inverse, la Casamance s'apparentant alors davantage à une "Ria" qu'à un fleuve.

Au niveau écologique, cette situation initiale permet à la végétation pionnière de la Mangrove à base de palétuviers *Rhizophora* de coloniser la vasière et de s'y développer dans de bonnes conditions. Dans les zones plus en retrait par rapport au cours d'eau, atteignant une plus forte salinité en saison sèche, la séquence se poursuit avec les palétuviers *Avicennia* mieux adaptés. Les surfaces de Tannes vifs (\*) et à halophytes sont réduites, et les terres non salées (Terrasses et têtes de bassins versants) sont rizicultivées. (LAMAGAT - LOYER 1985).

Au niveau pédologique, ce régime d'inondation permet le développement d'une "pédogénèse initiale" décrite par VIEILLEFON (1974) dominée par les processus d'hydromorphie permanente qui créent des conditions anaérobies. L'abondance de matière organique permet la réduction des sulfates marins en sulfures, par l'action des bactéries sulfato-réductrices. Ces sulfures sont abondamment fixés au niveau des racines de *Rhizophora* sous forme de pyrite, le fer étant apporté par les oxydes de fer issus du plateau continental (MARIUS 1986). Le pH reste voisin de la neutralité et la salinité voisine de celle de l'eau de mer. Les phénomènes de réduction sont prépondérants. Si ces conditions ne sont pas maintenues, l'oxydation des sulfures en sulfates provoque une acidification brutale. La pédogénèse de ces vases est donc essentiellement caractérisée par cette acidité potentielle initiale.

Les aménagements agricoles préconisés sous ces conditions tiennent compte de cet équilibre fragile maintenu par un engorgement quasi permanent. En riziculture traditionnelle les paysans pratiquent sur ces vases la riziculture profonde de mangrove dont la technique a été décrite par PELISSIER (1966): d'abord à l'eau douce puis riziculture submergée et remise en submersion par l'eau salée en saison sèche.

C'est sur ce principe de la double submersion qu'ont été conçus en 1963 les aménagements antisel de la région, par barrage à double sens: bloquage des eaux salées et rétention d'eau douce pendant la riziculture puis remise en eau salée pour éviter toute acidification. Les premières tentatives de mise en valeur de ces vases, effectuées après drainage et qui n'avaient pas maîtrisé le phénomène d'acidification, ont en effet toujours abouti à l'abandon du projet après constatation de la chute du pH. Précisons toutefois que la toxicité des sols acidifiés et sursalés n'avait pas été identifiée.

#### La situation actuelle : acidification et sursalure.

Le déficit pluviométrique enregistré depuis 1968, accentué par une contraction de la saison pluvieuse, a profondément et rapidement modifié ce fragile équilibre. Les très faibles quantités d'eau ruisselées sur le bassin versant associées aux faibles pentes longitudinales des vallées ont déclenché un fonctionnement inverse de l'estuaire par intrusion d'eaux marines vers l'amont. La longueur de la saison sèche sous

-----  
(\*) Terme vernaculaire Sénégalais désignant les étendues sursalées dépourvues de végétation.

ce climat très contrasté à fort pouvoir évaporatoire y a favorisé la concentration en sel des eaux de surface: la Casamance possède alors un fonctionnement de type lagunaire.

Cette sécheresse climatique a engendré au niveau physiologique et écologique des conséquences dramatiques pour la population de palétuviers: le peuplement de *Rhizophora* a le premier été atteint par la mortalité et partiellement remplacé par *Avicennia*, lui-même actuellement décimé par la sursalure. C. MARIUS (1985) estime à l'examen des photographies aériennes que 70 à 80% des palétuviers de Casamance auraient disparu depuis 1969. Parallèlement les surfaces de tannes vifs ont considérablement augmenté au détriment des unités précédentes, mais aussi des rizières douces. La progression du front de salure atteint actuellement la bordure du plateau continental où la palmeraie est souvent dégradée.

Deux processus géochimiques affectent les sédiments durant cette période:

- Une acidification déclenchée par l'abaissement naturel des nappes et provoquée par l'oxydation des composés sulfurés sous l'influence des bactéries "sulfoxydantes". Le pH chute alors (valeurs souvent inférieures à 4,5). Simultanément les fibres racinaires se décomposent entraînant une maturation physique lente de ces vases: la densité augmente, une structure apparaît. L'oxydation partielle du fer et du soufre aboutit à la formation d'un sulfate de fer caractéristique: la Jarosite  $(K, Na)Fe_3(SO_4)_2(OH)_6$ .

- Une acidification plus poussée voit le pH chuter à 2 ou 3. Des protons s'échangent alors au niveau des argiles qui libèrent de l'aluminium. Dans certains cas, en présence d'aluminium et de sulfates en quantité importante et à bas pH, on observe la formation de sulfates d'aluminium tels qu'Alunite ou Tamarugite. Ces minéraux sont très rarement observés dans le milieu naturel et leurs conditions de formation font l'objet d'études. (ORSTOM DAKAR)

- Une salinisation partout constatée (BOIVIN et LE BRUSQ 1984) et atteignant son paroxysme ces dernières années se joint au phénomène d'acidification et en masque les effets sur le milieu naturel. Au niveau des eaux de surface, LE RESTE (1983) a noté une "situation extrêmement grave" avec en fin de saison des pluies une salinité exceptionnellement élevée, supérieure à celle de l'eau de mer en tous points de la Casamance, et surtout un gradient de salinité croissant de l'aval vers l'amont, où on peut atteindre trois fois la salinité de l'eau de mer.

Au niveau des sols de Tannes, on note des manifestations salines de surface généralisées avec précipitation de sel sous forme de croûte chlorurée-sodique et magnésienne ou des formations à structure poudreuse à base de Halite mais avec apparition du gypse sous forme d'aiguilles. Cet indice d'aridité n'avait jamais été observé durant la période humide antérieure. (MARIUS 1985).

Enfin, et venant aggraver ce phénomène, les nappes phréatiques du plateau continental se sont abaissées et le gradient de pression actuel permet aux nappes salées du domaine fluvio-marin de s'écouler vers le plateau, en contaminant les

Au niveau des aménagements hydro-agricoles, l'acidification s'étant déjà manifestée, l'acidité potentielle n'apparaît plus comme la contrainte majeure à maîtriser pour la riziculture. Par contre la protection contre la progression des sels et la récupération des terres déjà atteintes apparaissent comme une priorité en cette période. L'hypersalure interdit déjà la riziculture profonde, et surtout l'acidification naturelle remet en cause la conception des ouvrages anti-sel à double sens tels qu'ils ont été conçus en période humide. Leur nécessité n'apparaît plus puisque l'acidification s'est déjà manifestée et que les sols sont passés du stade potentiellement sulfaté-acide au stade sulfaté ou parasulfaté-acide.

Par contre, l'endiguement définitif et l'assainissement des zones endiguées (la poldérisation) s'avèrent nécessaires en de nombreux endroits de la Casamance.

#### La situation future : dessalement et acidité résiduelle?

Quel avenir peut-on envisager pour le domaine Fluvio-marin de la Basse Casamance ? Cet avenir est fonction des deux contraintes majeures qui pèsent sur ce milieu : la sursalure et l'acidité, mais est aussi fonction des deux scénarios climatiques envisageables : sécheresse persistante ou retour à une "normale" pluviométrique. (cf fig.1)

Aussi longtemps que persisteront les conditions de sécheresse que l'on connaît, la situation décrite précédemment ne fera qu'empirer.

L'évolution actuellement perceptible dans les parties les plus à l'aval du bassin de la Casamance (région d'Ossouye) montre qu'à long terme la quasi totalité du bassin versant est menacée par la sursalure et l'acidification. Seule une partie limitée de la Mangrove, à proximité immédiate du littoral, ne verrait pas son écologie profondément modifiée.

En ce qui concerne les sols, une généralisation des manifestations d'acidité est alors à prévoir, avec des conséquences difficilement estimables tant au niveau des caractéristiques des sols et de la mise en valeur, que de la réversibilité du phénomène. Par ailleurs la propagation de la salure est extrêmement inquiétante.

En matière d'aménagement, la lutte contre la salure devient une urgence. La plupart des zones acidifiées sont, à notre avis, poldérisables. Néanmoins, les premières expériences d'aménagement (Guidel, ouvrages du PIDAC etc..) montrent qu'un dessalement des sols est difficile à obtenir et suppose des travaux d'assainissement dont les modalités restent à préciser. Des études hydrodynamiques sont actuellement en cours sur ce thème. L'impact de tels aménagement se ferait également sentir en zone non aménagée : en limitant les surfaces évaporatoires et en diminuant le rapport Surface/Volume d'eau, le bilan salin de l'ensemble du bassin versant se verrait amélioré. Enfin, la potentialité agricole des sols sulfatés acides dessalés est mal définie au Sénégal. Les travaux entrepris à l'ORSTOM DAKAR permettent néanmoins de préciser les points suivants :

- Une longue phase de submersion est plus efficace qu'un amendement calcaïque pour induire une remontée de pH.

- Les carences subies par le riz, dues au taux élevé d'aluminium en solution semblent efficacement levées à partir d'amendements aux déchets de phosphates.

- Un sol sulfaté acide dessalé reste plus productif (pour le riz) qu'un sol non acidifié mais hypersalé.

Dans l'hypothèse d'un retour à la "normale" pluviométrique, il est probable que l'ensemble des eaux du domaine fluvio-marin retrouveraient rapidement un niveau de salure acceptable. De même la plupart des zones de Mangrove peu dégradées retrouveraient sans doute un développement normal. Toutefois, il ne faut pas négliger l'importance des quantités de sel présentes dans les nappes et les sols. Ainsi nous avons pu mesurer qu'après la saison des pluies 1985, pourtant très proche de la moyenne pluviométrique (cf. tableau), la salure avait atteint, trois semaines après la dernière pluie, son niveau de la saison sèche précédente dans le marigot de KOUBALAN. L'évaporation ne peut pas seule expliquer cette remontée.

De même que pour le riz, on ignore la potentialité d'un sol sulfaté acide à l'égard de la végétation de Mangrove. Dans l'ignorance de l'avenir climatique, il est sans doute préférable de considérer les sols acidifiés comme des zones à aménager d'urgence. Les conditions de leur mise en valeur ont été énoncées précédemment.

Conclusion: La phase climatique subie depuis 1968 aura en tous cas un impact prolongé sur les sédiments fluvio-marins de la Basse Casamance. D'une part la pédogénèse a connu une importante évolution vers le stade sulfaté acide, évolution généralement considérée comme irréversible en conditions naturelles, d'autre part les conditions climatiques modifient la politique d'aménagement et imposent la poldérisation de nombreux sites qui n'auraient sans doute jamais été aménagés en pluviométrie normale.

#### - BIBLIOGRAPHIE--

- BOIVIN P. et LE BRUSC J.Y. (1984) Etude pédologique des Kalounayes, Vallées de Koubalan et Tapilane. 70p.+4 cartes, ORSTOM-DAKAR.
- BOIVIN P. et LE BRUQ J.Y. (1985) Recommandations concernant l'aménagement du domaine fluvio-marin en Basse Casamance, cas de la vallée de Koubalan. Table ronde sur les barrages anti-sel, ISRA-USAID, DAKAR.
- LAMAGAT J.P. et LOYER J.Y. (1985) Typologie des bassins versants en Basse Casamance. Table ronde sur les barrages anti-sel, ISRA-USAID, DAKAR.
- LE RESTE L. (1983) La Casamance : une situation très grave. CRODT, DAKAR.
- MARIUS C. (1985) Mangroves du Sénégal et de la Gambie- Pédologie, Géochimie, mise en valeur et aménagement. Thèse ORSTOM, Paris.
- MARIUS C. (1986) Troisième symposium international sur les sols sulfatés acides. Livret guide de l'excursion au Sénégal et en Gambie.
- VIEILLEFON J. (1974) Contribution à l'étude de la pédogénèse dans le domaine fluvio-marin en climat tropical d'Afrique de l'ouest, Thèse ORSTOM, Paris.

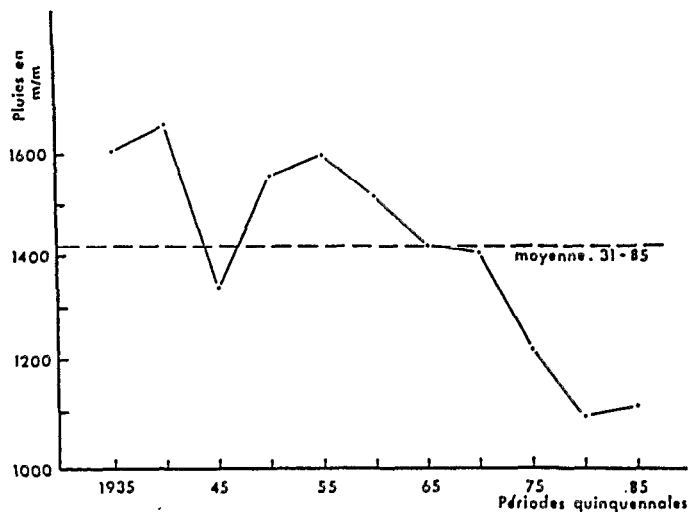


Fig.1 - Evolution de la pluviométrie à Ziguinchor de 1935 à 1985

Périodes quinquennales	Moyennes quinquennales en mm	Minimum 5 ans en mm	Maximum 5 ans en mm	% écart à la moyenne 31-85 (1424 mm)	
				Positif	Négatif
1931/35	1607	1192	1965	12,8	-
1936/40	1662	1411	2031	16,7	-
1941/45	1336	968	1683	-	6,0
1946/50	1557	1202	1824	9,5	-
1951/55	1506	1394	1940	12,0	-
1956/60	1523	1145	1882	6,9	-
1961/65	1505	1223	1757	5,6	-
1966/70	1470	882	2006	3,1	-
1971/75	1199	952	1417	-	15,8
1976/80	1098	698	1512	-	22,9
1981/85	1109	618	1371	-	22,1

Moyennes pluviométriques quinquennales 1931/1985 de Ziguinchor.

Année	Pluviométrie	Année	Pluviométrie
1966	1603	1976	1296
1967	2006	1977	790
1968	882	1978	1513
1969	1460	1979	1104
1970	1398	1980	698
1971	1098	1981	1221
1972	951	1982	897
1973	1289	1983	818
1974	1240	1984	1237
1975	1417	1985	1371

Pluviométrie annuelle 1966/1985 Ziguinchor (Sources ASECHA)