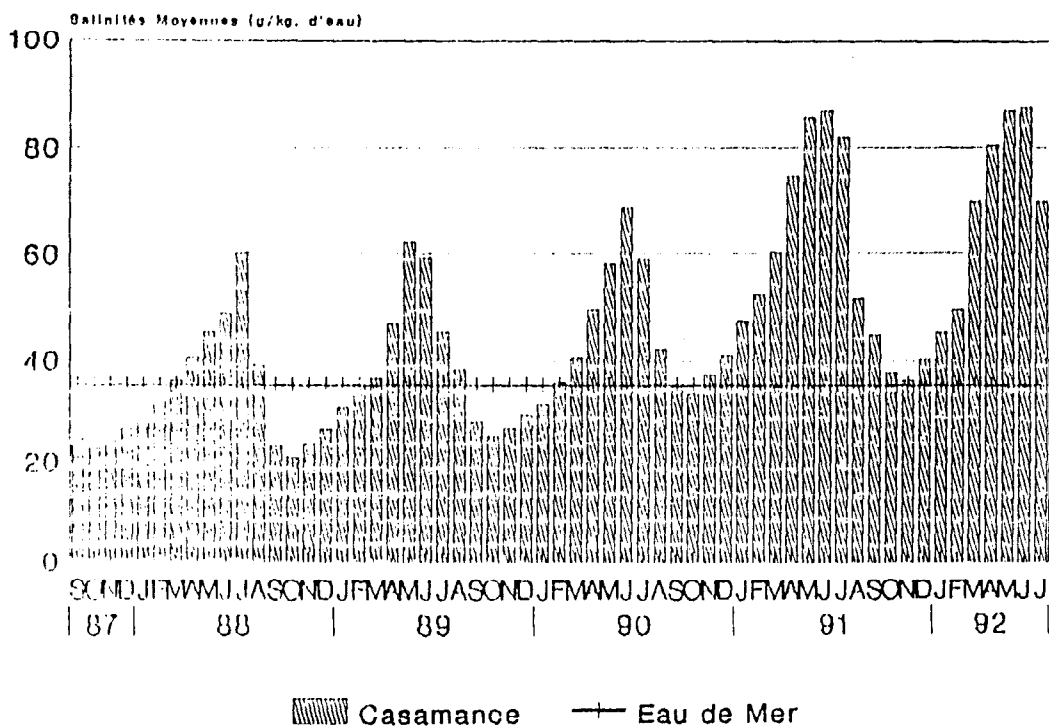


UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP DE DAKAR
 FACULTE DES LETTRES ET DES SCIENCES HUMAINES
 DEPARTEMENT DE GEOGRAPHIE

CONSEQUENCE DURABLE DE DEUX DECENNIES DE SECHERESSE
 L'HYPER-SALINISATION DE LA CASAMANCE ENTRE 1987 ET 1992.

EVOLUTION DE LA SALINITE DE LA CASAMANCE
 Periode 1987 - 1992



Fonds Documentaire ORSTOM

Cote: B*18460 Ex: unique

RAPPORT DE STAGE DE D.E.A. GEOGRAPHIE

présenté par Mohamadane BASSEL

(sous la direction de Jean Yves GAC)

JUIN 1993



*CONSEQUENCE DURABLE DE DEUX DECENNIES DE SECHERESSE
L'HYPER-SALINISATION DE LA CASAMANCE ENTRE 1987 ET 1992.*

SOMMAIRE

	Page
AVANT-PROPOS	2
INTRODUCTION	3
1. L'intérêt des études de salinité	3
2. Méthodologie et expression des résultats	4
a) Méthodologie	4
b) L'exploitation des résultats	5
I - SITUATION DU BASSIN	6
A - Le milieu physique	7
B - Le climat de la Casamance	8
1. Les domaines climatiques	8
2. La péjoration climatique	9
II - L'HYPER-SALINISATION DES EAUX DU FLEUVE	10
A - Une Chronologie incertaine	10
B - Evolution de la salinité	10
1. La variation interannuelle	11
a) les salinités moyennes annuelles	12
b) Les salinités minimales annuelles	12
c) Les salinités maximales annuelles	13
2. Evolution mensuelle	14
3. Variations d'aval en amont	17
III - LES CONSEQUENCES DE LA SALINISATION PROGRESSIVE	18
A - Progression de la séquence estuaire inverse	18
B - Dégradation du milieu	19
1. Réduction des zones de culture	19
2. Dégradation de la végétation	19
3. Diminution du potentiel ichtyologique	20
CONCLUSION	21
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	22

AVANT PROPOS

Ce rapport de stage sur l'hypersalinisation de la Casamance s'inscrit dans la continuité des études actuellement menées sur les conséquences durables de plus de deux décennies de sécheresse au Sénégal.

L'opportunité de cette étude nous a été offerte par le suivi hebdomadaire de la salinité de l'estuaire de la Casamance réalisé entre mai 1987 et juin 1992 par le laboratoire de Géochimie de l'ORSTOM dirigé par J.Y. GAC. Elle actualise les travaux antérieurs de BRUNET- MORET (1970), et les études plus récentes effectuées de 1984 à 1986 dans le cadre d'un programme pluridisciplinaire, initié par le CRODT, sur l'écosystème fluvio-estuarien casamançais.

Les préoccupations actuelles du laboratoire de Géochimie de l'ORSTOM sont, dans le cadre du projet EQUÉSEN, orientées vers la connaissance de l'environnement et de la qualité des eaux du fleuve Sénégal. Cet axe fluvial était autrefois assujéti à la remontée d'eau marine dans sa basse vallée, désormais annihilée par les aménagements récents de Rheune et Diama. L'étude de l'hypersalinisation de la Casamance, fleuve non encore anthropisé, permet d'évaluer l'impact de la sécheresse et de mesurer l'état des ressources en eau dont l'appauvrissement risque d'être "une constante" des prochaines années.

Au laboratoire de Géochimie, il nous a donc été proposé ce programme de recherche sur l'évolution de la salinité d'un estuaire dont la majeure partie du cours se situe en domaine hyper-halin. Nous adressons tous nos remerciements à M. Jean Yves GAC, coordonnateur scientifique du projet EQUÉSEN, pour son accueil particulièrement chaleureux et son souci permanent d'un encadrement rigoureux et de qualité. Qu'il soit assuré de notre gratitude.

Nous associons à ces remerciements toute l'équipe du laboratoire: MM. COGELS, CARN, BADJI, SAGNA et SANE pour leur aide et leurs conseils ainsi que les stagiaires, en préparation de mémoires de thèses, Mlle Awa NIANG et M. Adrien COLY.

Nous tenons enfin à exprimer notre reconnaissance à M. Philippe MATHIEU, représentant de l'ORSTOM au Sénégal, pour m'avoir donné la possibilité d'effectuer ce stage de février à juin 1993.

Le thème de recherche proposé sur "l'hypersalinisation de la Casamance" complète l'étude entreprise dans le cadre du DEA sur "l'estimation des apports hydriques continentaux en amont de Ziguinchor".

INTRODUCTION

1. L'intérêt des études de salinité

Depuis la fin des années 1970, s'est installée en Casamance une période de pluviométrie faible par rapport à la période antérieure. La baisse s'est maintenue jusqu'à nos jours avec quelques rares années connaissant un regain de pluviométrie (1975 et 1988) et surtout des années très déficitaires voire alarmantes comme 1983 et 1984.

Cette diminution de la pluviométrie a eu pour corollaire la perte de plus en plus importante de superficie cultivable. Des études ont montré que ces terres abandonnées ont été l'objet de phénomènes de sursalure et d'acidification.

Devant cette dégradation sans cesse croissante deux impératifs sont alors apparus nécessaires : la lutte contre l'avancée du biseau salé et la réhabilitation ou remise en valeur de terres salées. Les programmes de recherches se sont alors souciés de mesurer les salinités pour étudier l'interaction entre deux phénomènes majeurs : sécheresse climatique et hypersalinisation des terres.

Ce rapport de stage s'inscrit dans cette optique et concerne la période de mai 1987 à juin 1992.

Historique des mesures

Les océanographes du centre ORSTOM de Dakar ont réalisé à Ziguinchor des mesures ponctuelles de salinité d'avril 1966 à juillet 1967 mais c'est en 1967 que le Département d'hydrologie de cet institut a été chargé d'effectuer des mesures de salinité dans le fleuve Casamance à la suite d'une convention de recherche passée avec la Direction de l'Hydraulique de la République du Sénégal. Ces études ont été menées de fin novembre 1967 à novembre 1969 par une équipe dirigée par BRUNET-MORET (1970).

Il est regrettable que ce programme ait été par la suite abandonné jusqu'en 1984. Il faudra, en effet, attendre les faibles crues de 1983 et 1984 de la Casamance et les modifications brutales de nombreux paramètres de cet écosystème fluvio-estuarien (SAOS, BOUTEILLER et DIOP, 1987) pour que soit initié, par le CRODT en 1984, un programme pluridisciplinaire d'étude environnementale de la Casamance. Ce programme achevé en 1986 s'est appuyé sur une grille de stations adoptée, dans un souci d'harmonisation, par l'ensemble des principaux instituts de recherche au Sénégal qui ont collaboré avec le CRODT (ISRA, ORSTOM, Université, CNRF, EPEEC...). Sans vouloir être exhaustif, la majeure partie des résultats figure dans les travaux de PAGES et *al.*, SAOS et *al.*, DEBENAY et *al.*, DIOUF et *al.*, LE RESTE et *al.*, ALBARET, GUILLOU et *al.*, CHABOUD et *al.*, rassemblée dans la revue d'Hydrobiologie Tropicale (1987 et 1990) et répertoriée dans les références bibliographiques.

Le contrôle global de l'évolution de la salinité a ensuite été repris par le laboratoire de Géochimie de l'ORSTOM. Les mesures débutées en mai 1987 se sont poursuivies jusqu'en juin 1992. Les incidents de Casamance en 1992 ont été à l'origine de l'interruption momentanée de ce programme.

2. Méthodologie de mesures et l'expression des résultats

a) Méthodologie

L'équipe de BRUNET-MORET (1970) a mesuré la salinité à l'aide d'un conductimètre équipé d'un correcteur de température incorporé. La sonde de température et l'électrode de conductivité étaient immergées côte à côte lors des mesures faites *in situ*. Un coefficient de correction, fonction de la température, était affecté à la valeur de la conductivité. Cet appareil de laboratoire, n'était cependant pas idéalement adapté à la mesure de la minéralisation réelle de ce type de milieu particulièrement concentré et avec une gamme de salinité extrêmement étendue (de 3,2 g/l à 40,6 g/l selon BRUNET MORET, in DIOP 1990). Notons enfin qu'un appareil de ce type, bien réglé et avec des piles neuves, ne donne qu'une précision de lecture de l'ordre de 2 pour cent.

Aujourd'hui, les salinités des eaux saumâtres sont plus couramment mesurées avec un réfractomètre optique d'utilisation rapide et simple.

Le réfractomètre optique utilisé ATAGO S 10 (Figure 1) se présente sous la forme d'un tube de 20 cm de long, d'un diamètre de 2 à 3 cm avec 2 parties essentielles. A l'arrière, un oeil de visée et de lecture de la teneur en chlorure de sodium sur une échelle graduée qui apparaît sur un disque bleu et, à l'avant une surface prismatique en verre où l'on place la goutte d'eau sur laquelle on abaisse un battant en verre. Avant utilisation le réfractomètre est calibré (réglage du 0) à partir de solutions de ClNa étalonnées. Face au soleil on lit sur l'échelle la teneur en ClNa (composant essentiel de l'eau de mer) qui s'accroît ou s'abaisse selon que l'eau est plus ou moins salée. La valeur obtenue doit être convertie en salinité réelle, la mesure au réfractomètre n'évaluant que la concentration cumulée des ions chlore et sodium (85% de la minéralisation moyenne de l'eau de mer).

Pour homogénéiser les résultats, la conversion des anciennes mesures de la conductivité en teneurs en sel se fait à partir de l'équation suivante établie par GAC (comm. inédite) à partir de 1.800 mesures simultanées de la conductivité et de la teneur en ClNa au réfractomètre.

$$S = 0.00196 C^2 + 0.676 C - 0.172$$

S : salinité exprimée en g/kilo d'eau
 C : conductivité en milliSiemens/cm

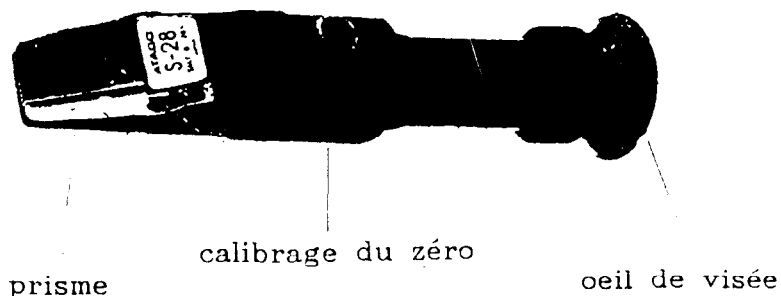


Fig. 1 - Schéma du réfractomètre optique Atago S 10

Au niveau de chaque station du pk 63 (Ziguinchor) au pk 254 (Tankanto Escale), répartie selon la grille ancienne du CRODT, un observateur local a assuré la collecte des échantillons recueillis *in situ* dans des tubes sous vide qui les préservent de toute altération.

L'échantillonnage se fait de la manière suivante: le tube est traversé par une aiguille dont la seconde extrémité est plongée dans un autre tube immergé: l'eau du second tube est alors aspirée et occupe le tube sous vide. La prise d'échantillon a lieu tous les dimanches, à heure fixe en principe (8 h 00), et sur les bords du fleuve. Le test sur une station a montré que la salinité moyenne mensuelle en un point, obtenue à partir de 4 mesures/ mois ne différait pas de façon significative de la moyenne obtenue à partir de prélèvements journaliers.

Depuis juin 1987, l'équipe de recherches a mené une campagne de collecte des échantillons et de dépouillements des résultats tous les deux mois et cela, jusqu'en juillet 1992 à la suite des événements de Casamance évoqués précédemment.

b) L'exploitation des résultats

Les résultats sur lesquels porte notre étude sont ceux recueillis par l'équipe du Laboratoire de Géochimie de l'ORSTOM Dakar. Ces mesures ont été effectuées de Juin 1987 à Juillet 1992, tous les dimanche, sur des sites qui sont d'aval en amont, avec leur code et leur distance à la mer répertoriés dans le tableau 1.

Tableau n°1

Stations de mesures de la salinité de la Casamance

N° Stations	Kilométrage /embouchure	Stations	Kilométrage /embouchure
18. Pte St Georges	25*	26. Kouniara	149*
19. Brin	49*	27. Binako	158*
20. Ziguinchor	63	28. Simbandi Brassou	161
21. Niaguiss	75*	29. Sédhiou	170*
22. Agnak Petit	83*	30. Séfa	179
23. Banganga	89	31. Karantaba	185*
24. Adéane	94*	32. Sakar	192
25. Koudioundou	103	33. Kouboni	198
26. Mangakounda	106	34. Soumboundou	200
27. Kaour	109	35. Kérakounda	205*
28. Goudomp	114*	36. Oudoukar	210*
29. Birkama	117*	37. Diana Malari	218*
30. Djibanar	122	38. Sobali	223
31. Madina B. II	128	39. Dianaba	229
32. Diattacounda	136	40. Saré Yoba D.	241
33. Niafer Douma	143*	42. Tankanto Es.	254

De nombreuses stations marquées d'un (*) n'ont pas été conservées par suite de confusion dans les numérotations lors des prélèvements.

I - SITUATION DU BASSIN

Le bassin versant de la Casamance couvre une superficie de 20.150 km² (Figure 2). Il est limité à l'Est par le bassin de la Kayanga, au Nord par celui de la Gambie, à l'Ouest par l'Océan Atlantique et au Sud par le bassin du Rio Cacheu en Guinée Bissau. Le fleuve Casamance, long de 350 km, fait partie d'un "complexe hydrologique" communément appelé "Rivières du Sud".

Situé entre 12°20' et 13°50' de latitude, nord et 14°30' et 16° 47' de longitude Ouest, le bassin se décompose en deux secteurs du point de vue topographique et du réseau hydrographique : une zone au relief peu accentué (altitude maximale 50 m) à l'Est de Kolda (domaine continental avec eau douce), et une zone basse estuarienne envahie sur près de 220 km par les eaux de mer.

Le bassin est aussi partagé en terroirs selon les ethnies: Diola à l'Ouest en basse Casamance, Balant et Manding en moyenne Casamance, Peul à l'Est en haute Casamance.

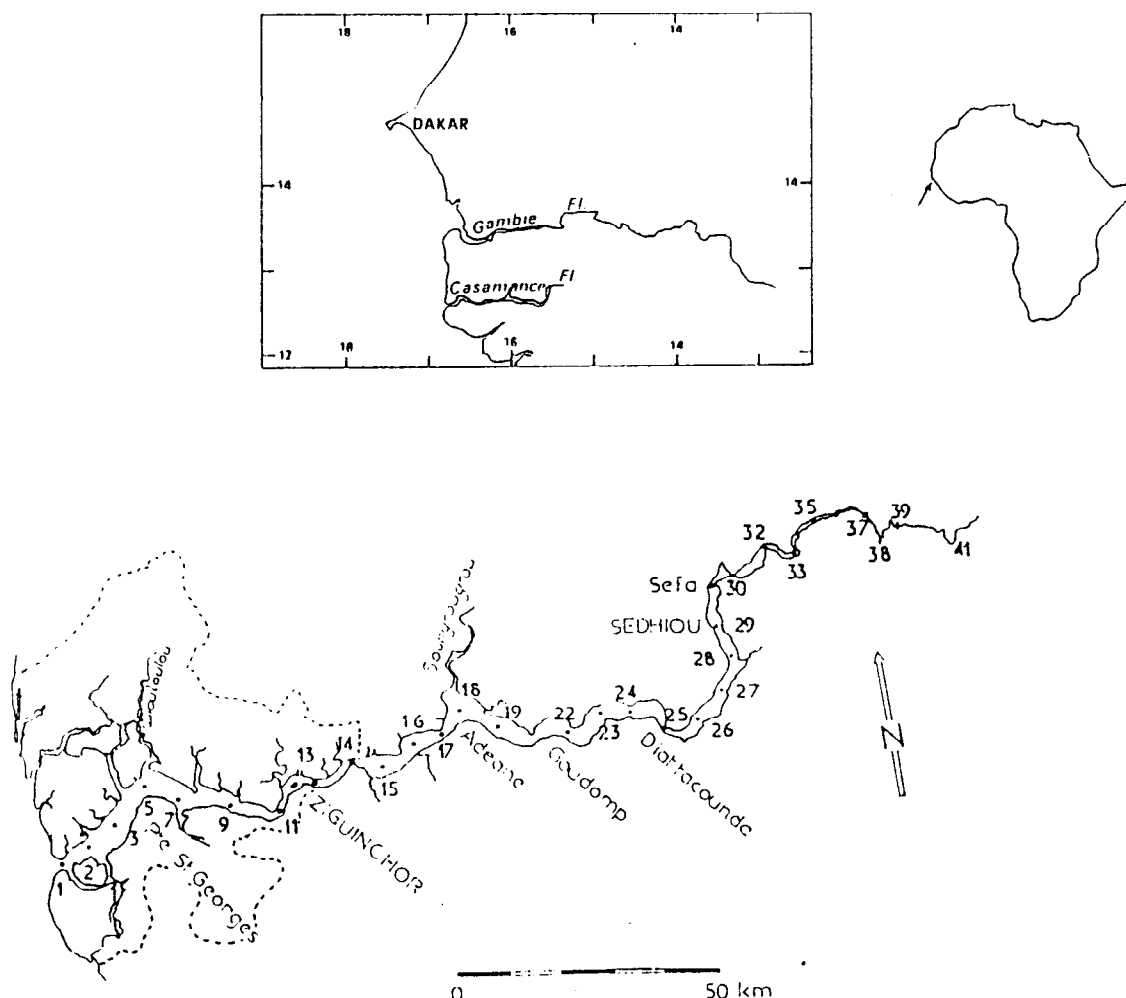


Fig. 2 - Situation géographique de la Casamance et stations de mesure (PAGES, DEBENAY, LE BRUSQ, 1987)

A - LE MILIEU PHYSIQUE

La Casamance est une zone basse servie par un réseau hydrographique assez dense individualisant par endroits des croupes et plateaux inclinés vers l'Ouest. La dénivelée de Fafacourou (près de la source) à la mer n'est que de 20 m; la pente moyenne est extrêmement faible (0.07 %).

La faiblesse de la pente contribue à un élargissement du lit mineur de la Casamance et détermine des processus d'alluvionnement. De ce faible dénivelé dans l'estuaire, associé à un déficit pluviométrique depuis plus de 20 ans et à une forte évaporation, résulte la remontée des eaux marines le long de la Casamance et de ses affluents. Le biseau salé (qui a atteint des valeurs de 190 g/l au pk 225 en mai 1992) est aujourd'hui aux portes de la ville de Kolda. Rappelons que les salinités maximales relevées par DIOUF et DIALLO (1990) en juillet 1986 se situaient autour de 172 g/l. L'hypersalinisation de la Casamance n'a donc fait que s'amplifier depuis 6 ans.

Le bassin versant de la Casamance s'inscrit dans le bassin sédimentaire sénégalo-mauritanien qui repose sur le socle paléozoïque formé de schistes, de grès et de quartzites. Les forages et recherches pétrolières ont montré que ce socle s'est enfoncé dans sa partie Ouest à 7.000 m de profondeur (SAOS et al. 1987). Ce soubassement se situe à 200 m en moyenne Casamance.

Du secondaire au quaternaire, l'histoire géologique du bassin a été particulièrement complexe (BASSEL 1992). Retenons qu'en haute et moyenne Casamance, l'évolution géologique a abouti à la dissection du plateau du Continental Terminal par le réseau hydrographique et à la mise en place de 2 niveaux de cuirasse. En Casamance maritime la phase quaternaire a marqué l'évolution géologique du milieu estuarien : transgression, régression, houle de NW et dérive littorale NS ont créé puis fermé un golfe en édifiant des cordons littoraux. Le golfe a évolué alors en lagune peu à peu comblée par les vasières à mangrove (KALCK 1978).

D'un point de vue hydrogéologique, le sous-sol casamançais recèle trois aquifères principaux :

- la nappe fossile du maestrichtien datée du crétacé supérieur
- la nappe oligo-miocène.
- la nappe du continental terminal de 40 m d'épaisseur. Poreux et assez perméable, le continental terminal bénéficie des apports des pluies et du ruissellement. Sa nappe participe au soutien, en période d'étiage, à l'écoulement des cours d'eau.

Le réseau hydrographique est dense avec de multiples affluents dont le principal est le Soungrougrou et des chenaux de marée surtout à l'Ouest. Les multiples changements d'orientation et les coudes brusques du cours d'eau résultent d'une phase tectonique cassante au cours du miocène. Le lit s'élargit, la profondeur s'accroît d'aval en amont. Les eaux du fleuve présentent un bief continental en amont, distinct "d'un bief maritime limité par le point où disparaissent pratiquement les ondes de salinité supérieure à 0,05 g/l, point situé à 217 km de la mer" (BRUNET-MORET 1970). Pour la période 1967-1992, le module interannuel de la Casamance est de 1,9 m³/s à Kolda.

Les études pédologiques sur la Casamance sont nombreuses. La restitution de huit cartes pédologiques au 1/100.000 par PEREIRA BARRETO, pédologue de FORSTON, est prévue pour 1993. On distingue trois unités principales :

- les sols à sesquioxydes développés sur près de 80 % du bassin, comprenant les sols ferrallitiques et les sols ferrugineux tropicaux lessivés.
- les sols halomorphes sur alluvions sableuses (sols de tanne) et sur alluvions argileuses humides en arrière des vasières et tannes.
- - les sols hydromorphes sur vases marines (sols de mangrove) et sur colluvions sableuses ("diors noirs").

Les types de formations végétales se différencient plus par le degré de densité que par la diversité des espèces. D'ouest en est, du littoral vers la haute Casamance, on distingue :

- une végétation peu développée et des fourrés arbustifs sur les dunes et cordons.
- mangroves dans l'estuaire et les zones soumises à la marée. En retrait s'étendent les prairies marécageuses, puis les vasières dénudées ou tannes.
- forêt dense humide avec un tapis herbacé disparate.
- forêts secondaires et forêts claires, formations soudano-guinéennes que l'on retrouve sur les rebords des plateaux bordant les deux cours d'eaux (Casamance et Soungrougrou).
- savanes en moyenne et haute Casamance.

B - LE CLIMAT

Le bassin de la Casamance, comme du reste tout le Sénégal, s'inscrit dans un triangle formé par les centres d'action boréaux (Açores et Maghreb) qui émettent les flux d'alizé et celui de St Hélène qui véhicule la mousson.

A partir d'avril la mousson atteint le bassin par sa partie orientale, ceci va permettre la distinction de deux domaines climatiques.

1. Les domaines climatiques

Leur distinction est faite sur la base de la durée de la saison des pluies, de la répartition mensuelle des précipitations et des types de pluie qui y dominent.

la région du Fouladou de l'Est à la confluence Casamance-Soungrougrou connaît 7 mois de pluie dont 5 avec des précipitations supérieures à 100 mm. Les lignes de grains y sont beaucoup plus importantes qu'à l'Ouest. La température maximale est atteinte en avril avec 40,7 °C (moyenne 1968-1991) et la valeur minimale est enregistrée en décembre avec 15,7 °C. L'amplitude thermique annuelle reste faible à Kolda avec 5°C alors que l'amplitude diurne dépasse 20°C. L'humidité relative est de 56 % (moyenne mensuelle) avec des valeurs extrêmes en août (80 %). Le flux de mousson est relayé en octobre par l'alizé continental. Le climat est de type sub-soudanien.

La Basse Casamance connaît cinq mois de pluie de juin à octobre avec un total annuel compris entre 1000 à 1800 mm dont 80 % cumulés de juillet à septembre. Cette période enregistre les plus fortes hauteurs de pluie: l'appartenance des pluies continues en est l'explication. L'humidité relative dépasse 70 % de moyenne mensuelle. La température est adoucie par la proximité de la mer qui atténue les amplitudes diurnes. Le climat est de type sub-équatorial.

2. la péjoration climatique.

Nombreux sont les auteurs qui ont montré la détérioration de la pluviométrie depuis 1968, une sécheresse sans précédent de mémoire d'homme. Les sécheresses antérieures du siècle, centrées sur les années 1913 et 1940, n'avaient duré que quelques années. L'actuelle péjoration climatique s'étend déjà sur plus de deux décennies sans espoir réel d'un retour à des conditions plus clémentes. Même si une amélioration récente a été observée, elle reste encore très relative puisque les précipitations annuelles sont toujours déficitaires. Les prévisions de CITEAU (comm. orale), qui s'appuie sur la position de la ZITC, pour l'année 1993 n'augurent pas d'un bon hivernage.

LEBORNE (1988) note que l'intensité varie d'une année à l'autre avec cependant une évolution générale vers une aggravation. DACOSTA (1989) fait remarquer que "la sécheresse aurait pour conséquence un écourtement de la saison des pluies avec des mois d'octobre et de novembre de plus en plus secs", ce qui freine précocement le processus de dessalement amorcé avec les pluies.

Toujours selon cet auteur "la particularité de la période commençant en 1968, réside dans la fréquence d'apparition des années déficitaires : un risque de sécheresse qui avait une récurrence décennale dans la période avant 1969, apparaît en moyenne 10 fois en 18 ans pour la période 1968-1986"

Une étude des précipitations annuelles sur le bassin de la Casamance à travers une carte des isohyètes montre la disparition des isohyètes 1600 à 1300 mm au sud et l'apparition de celle de 800 mm au nord : en 1992, Ziguinchor a reçu moins de 900 mm de pluie ce qui correspond à un déficit de 40 % par rapport à la normale.

Nous avons essayé à travers ces quelques lignes de confirmer les analyses de nombreux auteurs sur la véritable détérioration des conditions pluviométriques sur le bassin de la Casamance. L'évolution défavorable du climat a eu des conséquences néfastes sur l'environnement, avec une restriction de l'écoulement en eau douce et entraîné une progression des eaux hypersalées vers l'amont du fleuve. La Casamance fonctionne désormais en estuaire inverse : de concave dans les années 60, le profil longitudinal de la salinité est devenu convexe avec des valeurs extrêmes de plus de 180 g/l dans la partie continentale du cours d'eau.

II - L'HYPERSALINISATION DES EAUX DU FLEUVE

Avant toute interprétation des résultats quelques remarques s'imposent sur les campagnes d'échantillonnage et les difficultés certaines de calage des résultats pour un certain nombre de stations.

A - UNE CHRONOLOGIE INCERTAINE

Les mesures, faites par des observateurs locaux, peuvent manquer de précision en ce qui concerne le lieu de la mesure (bord ou centre du fleuve, surface ou fond), l'heure de la prise de l'échantillon pour déterminer la température et la position de marée (flot ou jusant).

Le lieu ou l'heure de la prise d'échantillon tient toute son importance dans la mesure où il a été montré que la salinité varie suivant que la mesure est faite au bord ou au centre, en surface ou au fond. Cette stratification saline latérale et verticale n'est cependant relativement importante qu'à la suite d'une forte pluie (BRUNET MORET, 1970). Des transects réalisés, en saison sèche par PAGES et DEBENAY (1987) ont montré que la structure saline paraît homogène.

Quant aux marées, selon BRUNET-MORET (1970) "*quelle que soit la station et l'époque de l'année, la salinité moyenne est 88 fois sur 100 plus forte à la marée haute qu'à la marée basse qui la précède ou la suit*"

Une difficulté majeure est apparue dans le calage chronologique des prélèvements hebdomadaires dominicaux. La collecte des échantillons s'étant faite tous les deux ou trois mois (de 8 à 12 tubes sous vide), il a souvent été impossible de resituer dans le temps toute une série de prises sur plusieurs stations. Le regroupement mensuel pour tenter de "gommer" les erreurs n'a pas non plus donné des résultats convaincants. La validation des analyses s'avérant trop complexe certaines stations n'ont pas été prises en compte (Tableau I). Notre étude sur la variabilité spatio-temporelle de la salinité de la Casamance n'a retenu que les résultats acquis sur 15 sites répartis entre Ziguinchor (pk 63) et Tankanto Escale (pk 254).

B - EVOLUTION DE LA SALINITE DES EAUX DE LA CASAMANCE

Les campagnes systématiques de mesure des salinités du fleuve Casamance revêtent une grande importance. Elles devraient être poursuivies aussi longtemps que possible afin de disposer d'un maximum d'informations sur la dégradation de l'environnement casamançais du fait de la salinisation des eaux. Notre conviction aujourd'hui est que la campagne ouverte par BRUNET-MORET (1970) n'aurait jamais dû être interrompue. Elle aurait permis aujourd'hui de préciser - à une échelle de temps humaine et pour une période dite d'intense péjoration climatique - les changements écologiques durables ou réversibles dans ce vaste estuaire.

La salinité de la Casamance a connu, au cours des six dernières années, d'importantes fluctuations. Les variations sont d'ordre temporel (d'un mois à l'autre) et spatial (d'aval en amont). Les résultats hebdomadaires étant trop disparates, l'évolution de la salinité a été étudiée

à l'échelle annuelle et mensuelle puis d'amont en aval en scindant le cours d'eau en trois compartiments aux comportements salins différents.

1. La variation interannuelle de la salinité

Les salinités moyennes annuelles et les valeurs extrêmes observées, aux différentes stations retenues, figurent dans le tableau II. Des illustrations plus visuelles de leurs évolutions respectives sont représentées sur les figures 3, 4 et 5.

Tableau II

Salinités annuelles (moyennes, minimales et maximales) en g/l

n° station		17	15	17	18	19	22	23	24	28	30	32	33	34	38	42
emb		63	89	103	106	109	122	128	136	161	179	192	198	200	223	254
1987	Moy															
	Max	49	52	55	58	58	61	63	67	72	85	92	96	101	103	46
	min	28	27	29	29	28	31	32	33	30	25	13	9	7	1	0
1988	Moy	31	36	38	40	39	41	42	41	40	44	41	39	38	31	9
	Max	47	55	57	58	58	58	61	63	57	75	86	91	95	89	41
	min	23	25	27	29	27	31	32	30	26	22	10	6	4	2	0
1989	Moy	42	44	45	45	45	46	47	44	45	47	44	41	38	27	7
	Max	58	61	62	60	63	62	63	60	62	73	82	86	88	67	27
	min	33	33	35	34	35	37	38	32	32	29	14	6	4	2	0
1990	Moy	44	49	50	54	50	55	56	54	55	59	53	49	44	32	17
	Max	57	78	64	66	63	66	67	67	68	78	85	94	94	116	78
	min	30	30	45	48	44	55	57	54	52	55	34	28	19	3	4
1991	Moy	47	50	53	57	57	60	63	64	69	83	88	87	81	68	39
	Max	60	65	68	68	73	73	75	80	82	91	125	135	137	167	129
	min	31	35	38	39	42	43	44	45	53	63	59	43	27	11	7
1992	Moy															
	Max	49	52	59	58	57	72	74	80	91	113	139	124	126	134	143
	min															

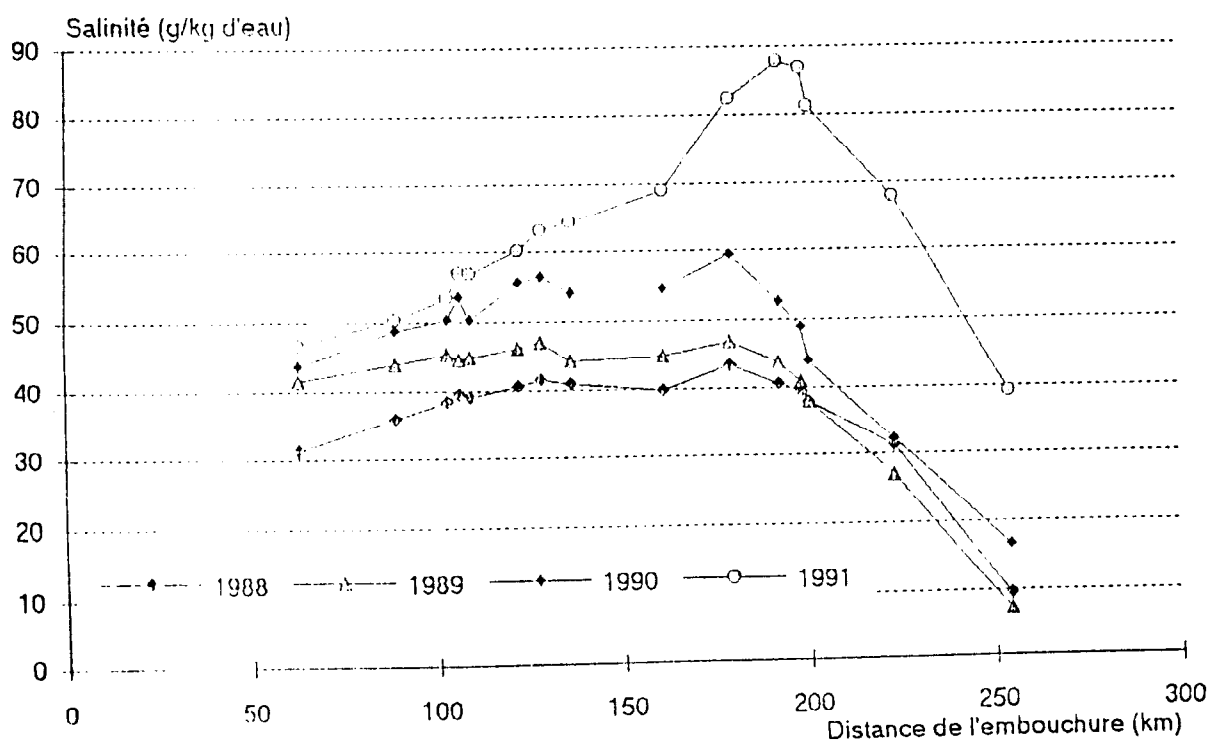


Fig. 3 - Evolution spatiale (de 1988 à 1992) des salinités moyennes annuelles

a) Les salinités moyennes annuelles

A quelques rares exceptions de sites situés au-delà du km 220 (peu en amont de la station de Diana Malari), l'ensemble de l'estuaire de la Casamance a connu, de 1988 à 1991, une très nette élévation de la salinité des eaux. Cette sursalure a été particulièrement spectaculaire en 1991 avec une minéralisation moyenne annuelle supérieure sur tout le cours d'eau à la salinité de l'eau de mer. La valeur maximale se situe entre Sakar (pk 192) et Kouboni (pk 198) avec des salinités moyennes annuelles de près de 90 g/l.

Cette augmentation continue de la salinité moyenne annuelle entre 1988 et 1991 est naturellement en relation étroite avec l'importance des précipitations sur la partie du bassin en amont de Ziguinchor. Les années 1988 et 1989 ont enregistrées des pluviométries moyennes de 1.080 et 1095 mm alors que les années 1990 et 1991 ont été extrêmement déficitaires avec des cumuls pluviométriques respectifs de 860 mm et de 820 mm. Globalement, dans les conditions climatiques actuelles, une réduction de l'importance des précipitations de l'ordre de 100 mm se traduit au niveau de la salinité moyenne par une augmentation de 10 g/l.

L'exemple de l'année 1991 montre aussi qu'au-delà d'un seuil pluviométrique qui pourrait se situer vers 800 mm, la hausse de la salinité pourrait prendre une allure exponentielle, du moins dans la partie amont située entre 150 et 250 km de l'embouchure. La sursalure des nappes jouerait dans cette zone un rôle majeur. En revanche cette intervention des eaux de subsurface serait "tempérée" à l'aval par un marnage plus important.

b) Les salinités minimales annuelles

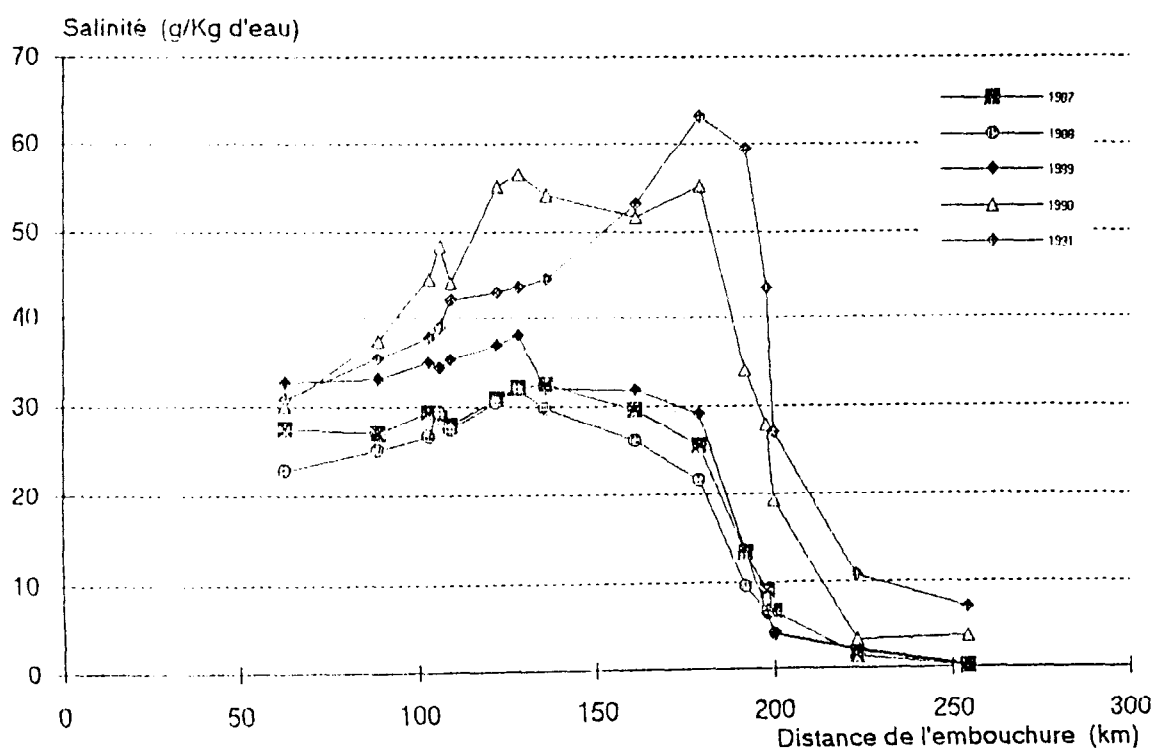


Fig. 4 - Evolution spatiale (de 1987 à 1991) des salinités moyennes minimales

L'évolution spatiale des valeurs minimales (moyenne annuelle) de la salinité est représentée sur la figure 4.

Pour les années 1987, 1988 et 1989 qui ont connu des pluviométries moyennes comprises entre 1.000 et 1.100 mm, le comportement salin de la Casamance est comparable. Les variations longitudinales des valeurs minimales de la salinité observées dans l'année sont relativement faibles autour d'une valeur moyenne de 30 g/l jusqu'à 180 km de l'embouchure. Plus en amont les salinités diminuent de manière progressive avec l'augmentation des prélèvements d'eau douce.

En 1990 et 1991, l'évolution des minima mime celle des salinités moyennes annuelles. Les valeurs extrêmes sont comprises entre 52 et 63 mg/l.

c) Les salinités maximales annuelles

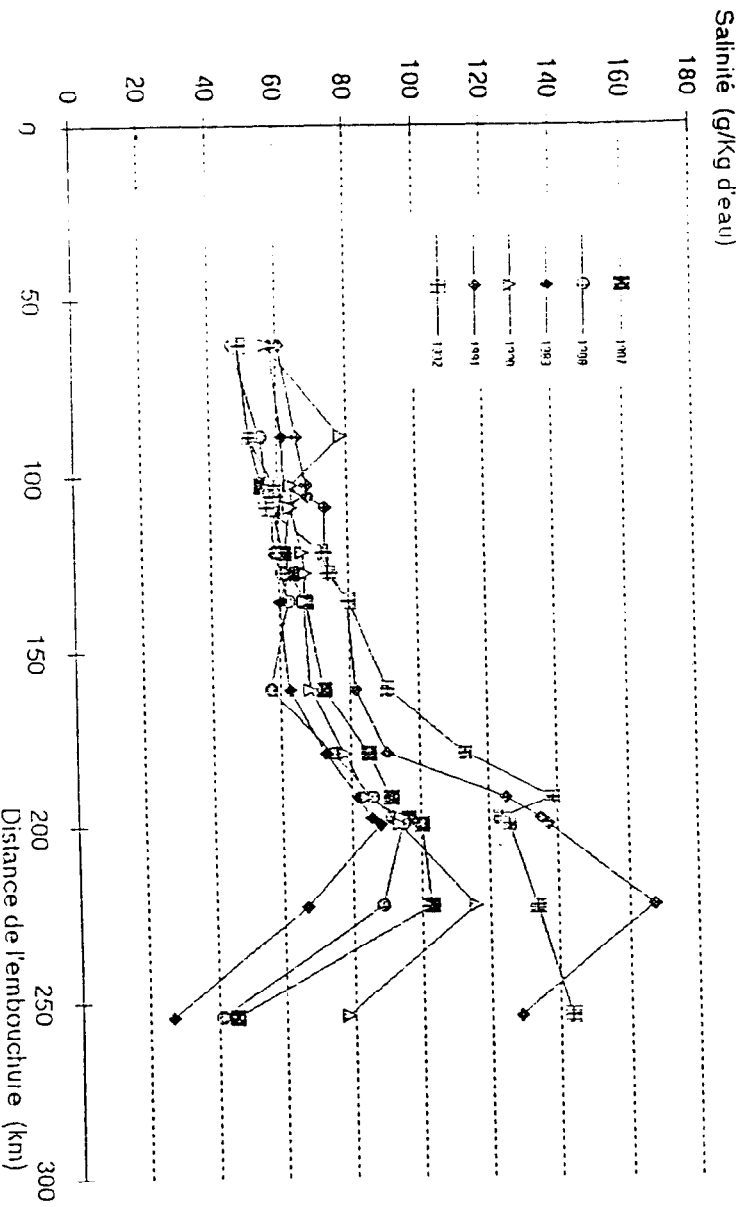


Fig. 5 - Evolution spatiale (de 1987 à 1992) des salinités moyennes maximales

L'évolution spatiale des valeurs maximales (figure 5) indique que les salinités sont, à une exception près, supérieures à 40 g/l. Dans la partie aval du cours d'eau, jusqu'à un pk 150, les différences entre les années sont peu marquées autour une valeur moyenne de 50 g/l. Plus en amont, les deux années 1991 et 1992 se distinguent par des taux de salinité supérieurs à 140 g/l. Le maximum observé en 1991 à la station de Sobali (pk 223) est de 167 g/l soit près de 5 fois la concentration de l'eau de mer.

Le comportement singulier de l'année 1992 marquée par une pluviométrie sur le bassin de 1.000 mm demeure inexplicable.

2. Evolution mensuelle de la salinité

L'étude de l'évolution spatiale des salinités moyennes, maximales et minimales à l'échelle annuelle a clairement démontré la relation étroite entre la pluviométrie sur le bassin versant et la salinité enregistré dans le cours d'eau. Cette relation est encore plus perceptible à l'échelle plus réduite du mois. Le tableau III, établi à partir des relevés hebdomadaires, donne les moyennes mensuelles de salinité du 15 juin 1987 au 15 juillet 1992. Sa lecture fait apparaître une évolution de la salinité d'un mois à l'autre avec cependant deux constantes : la présence assez régulière du maximum de salinité pour tout le fleuve au mois de juin et de la valeur minimale entre septembre et octobre.

Tableau III

Salinités mensuelles des eaux de la Casamance (en g/l)

n° station	12	15	17	18	19	22	23	24	28	30	32	33	34	38	42
amb	63	89	103	106	109	122	128	136	161	179	192	198	200	228	254
15.6.87	48.7		55.4	57.7	58.3	61.2	63.1	67.4	72.5	85.1	91.5	96.1	100.6	103.0	45.6
15.7.87	46.4		57.3	56.3	56.6	59.4	61.1	64.5	68.2	80.6	85.4	85.2	91.1	47.0	8.2
15.8.87	41.3		44.0	46.4	44.4	50.9	53.9	55.6	50.8	61.4	57.5	46.4	45.1	4.2	0.1
15.9.87	29.4	29.8	32.9	31.7	28.3	32.1	35.5	33.2	34.6	32.9	18.6	8.6	7.0	1.2	0.0
15.10.87	27.5	26.9	29.4	28.8	27.9	30.8	32.1	32.5	29.6	25.5	13.4	8.9	6.6	1.4	0.2
15.11.87	28.2	30.2	30.8	31.2	31.0	31.3	32.4	31.3	30.0	27.0	18.1	13.1	10.4	3.6	0.9
15.12.87	31.3	33.4	33.4	34.6	33.4	34.5	34.6	33.6	34.6	31.1	22.1	17.4	14.0	5.7	1.5
15.1.88	32.0	36.4	36.8	37.5	36.6	37.3	37.1	37.0	38.0	34.0	26.1	22.8	17.5	7.4	1.9
15.2.88	33.6	35.8	36.4	38.5	37.6	38.4	39.2	39.0	40.1	39.8	35.3	34.9	29.8	16.4	2.2
15.3.88	35.5	37.1	38.1	39.2	39.2	40.1	42.5	40.5	42.3	44.7	44.5	45.2	42.8	32.1	2.9
15.4.88	36.8	37.8	39.8	41.4	41.2	41.9	43.2	43.4	45.0	48.6	52.7	55.6	54.4	53.0	4.7
15.5.88	37.4	38.7	40.8	43.6	40.5	42.9	43.5	44.2	48.3	51.9	58.8	62.9	62.9	72.7	15.0
15.6.88	39.1	40.7	41.2	42.8	40.3	43.2	44.1	45.0	48.8	55.3	62.3	68.4	68.4	80.0	42.0
15.7.88	47.2	55.0	57.1	58.1	57.8	58.5	60.6	62.5	67.1	75.0	86.1	91.3	94.8	88.8	40.9
15.8.88	38.5	39.5	45.0	43.3	47.6	47.6	49.8	50.8	47.6	65.8	61.6	52.0	52.1	12.0	0.6
15.9.88	26.7	22.9	32.9	36.9	35.8	39.3	39.0	38.0	21.2	30.1	13.5	5.6	7.7	0.8	0.0
15.10.88	22.9	25.2	26.6	29.4	27.4	30.5	31.9	29.8	26.1	21.7	9.5	6.5		2.2	0.3
15.11.88	28.5	28.1	30.3	29.3	29.7	32.4	32.4	29.1	29.3	26.1	15.6	10.5		4.0	0.6
15.12.88	31.2	33.3	35.2	35.0	35.0	35.2	36.2	33.0	33.5	29.2	19.7	15.5	13.2	6.5	1.3
15.1.89	32.5	36.7	38.5	38.5	36.8	37.7	40.2	37.8	38.5	34.3			26.4	21.2	12.3
15.2.89	29.3	39.6	40.7		39.4	40.9	42.0	39.0	40.7	40.9			35.7	31.1	22.7
15.3.89	35.5	40.3	42.0	43.6	40.9	40.8	41.3	40.3	41.9	43.7	42.8	42.5	40.5	34.3	1.7
15.4.89	45.6	49.0	50.9	46.4	49.4	50.3	50.6	47.6	50.0	52.6	60.1	61.9	57.1	60.2	6.2
15.5.89	56.4	61.6	59.9	57.9	61.1	61.0	62.5	58.9	59.0	67.4	79.5	83.0	82.3	88.3	47.4
15.6.89	58.1	61.1	59.0	59.6	62.9	61.8	63.2	59.7	62.4	72.8	81.9	85.9	88.4	66.6	26.6
15.7.89	46.6	54.0	54.0	55.7	47.6	52.4	52.0	55.1	50.1	55.2	71.4	69.0	69.0	12.6	0.4
15.8.89	44.2	41.1	49.4	46.4	48.5	52.3	51.1	50.9	47.8	57.3	52.2	44.2	38.0	2.3	0.2
15.9.89	24.0	34.8	38.2	39.8	39.8	40.5	40.3	34.6	35.1	42.4	21.2	19.6	8.8	1.9	0.2
15.10.89	32.6	33.1	35.0	34.4	35.3	37.1	38.2	32.0	31.8	29.2	13.6	6.2	3.9	2.1	0.2
15.11.89	35.5	35.3	36.1	33.1	37.1	38.6	39.0	36.6	35.2	27.0	14.4	7.6	5.6	4.0	0.4
15.12.89	38.5	40.2	39.7	41.1	40.3	41.9	41.5	38.7	38.0	29.7	19.7	9.9	8.1	5.2	0.8
15.1.90	39.6	43.9	43.7	44.1	45.2	44.3	43.3	39.8	41.6	33.2	20.0	13.8	14.6	7.1	1.1
15.2.90	42.0	44.5	45.0	48.0	46.3	46.9	46.9	42.0	45.9	43.8	33.7	28.4	25.6	15.0	1.5
15.3.90	45.6	48.4	49.5	50.9	49.9	49.6	51.3	47.0	48.5	50.3	46.0	37.0	38.5	27.8	1.8
15.4.90	51.2	54.8	56.6	58.7	56.8	55.1	53.6	53.9	64.7	60.8	60.5	68.6	57.0	51.2	4.8
15.5.90	53.9	57.9	60.1	61.5	60.7	60.9	59.2	59.5	60.0	68.6	75.0	77.3	76.6	87.6	17.9
15.6.90	57.1	78.4	63.8	65.8	63.3	66.5	67.4	67.0	68.4	78.0	83.6	82.8	83.6	115.7	45.4
15.7.90	52.6	54.5	54.5	63.6	53.5	65.0	67.1	64.5	65.5	70.0	83.9	95.8	85.0	65.5	68.9
15.8.90	42.0	39.4	44.3	52.2	38.4	58.4	61.5	53.0	57.5	69.3	68.8	60.1	44.8	42.9	31.6
15.9.90	30.2	37.6	44.5	48.4	44.0	55.1	56.6	54.2	51.7	55.1	34.1	27.9	19.4	3.3	3.7
15.10.90	38.4	38.4	43.8	47.8	40.7	52.1	64.7	62.7	48.5	53.2	98.6	22.4	21.1	4.0	0.2
15.11.90	36.8	43.6	45.5	49.0	61.5	53.5	56.1	55.0	53.6	57.6			29.2	6.4	0.8
15.12.90	42.7	48.0	49.7	52.3	63.2	67.4	68.5	68.8	68.8	83.7				8.1	1.3
15.1.91	45.3	52.4	51.8	54.9	58.2	59.3	64.0	61.9	63.8	69.7	69.2	69.3	65.8	17.1	1.5
15.2.91	47.8	52.4	57.0	61.0	59.7	61.6	67.3	66.3	68.8	74.6	79.1		75.0	39.4	1.7
15.3.91	50.0	55.7	57.8	60.8	60.1	63.4	68.6	70.2	74.5	80.4	95.1		93.4	79.8	2.6
15.4.91	53.6	60.0	61.8	65.1	64.3	67.5	70.1	74.0	80.8	92.7	106.3	88.5	116.7	132.4	66.8
15.5.91	58.6	63.1	65.8	66.3	66.2	71.0	73.7	76.4	84.2	96.3	116.4	134.2	128.8	171.2	116.8
15.6.91	60.4	65.2	68.2	68.4	73.2	73.3	74.8	79.5	81.7	90.6	125.1	135.1	137.3	163.5	128.8
15.7.91	59.6	62.0	59.8	71.0	67.5	71.7	76.6	81.2	57.4	105.0	110.2	133.2	113.8	146.2	121.6
15.8.91	49.0	44.5	50.3	60.6	58.0	64.3	66.6	69.4	57.4	97.1	97.8	96.6	86.9	17.0	3.7
15.9.91	26.6		49.2	48.3	47.3	53.1	56.1	57.4	87.9	82.7	72.8	73.0	49.0	5.8	1.5
15.10.91	25.6	31.6	42.4	45.9	42.1	46.4	48.9	47.5	62.3	68.6	59.1	45.8		5.8	2.2
15.11.91	30.8	35.4	37.9	39.0	42.0	42.9	43.5	44.5	53.2	63.1	59.4	43.4		10.7	7.0
15.12.91	33.6	37.7	39.3	40.9	42.7	44.5	47.0	45.0	56.5	69.2	64.3	53.4		22.2	15.8
15.1.92	35.6	39.1	40.7	41.8	43.0	47.8	52.8	48.7	59.2	71.8	70.4	62.5		42.3	20.3
15.2.92	38.6	43.5	42.2	46.0	46.3	52.2	56.0	64.4	63.7	71.7	81.8	82.6	68.7	61.4	21.1
15.3.92	51.5	55.7	56.0	62.6	62.4	66.8	70.9	72.5	81.2	100.4	113.2	127.7	60.7	121.0	29.2
15.4.92	54.0	58.3	60.4	64.0	62.0	68.5	71.7	78.1	85.8	103.2	117.5	139.3	72.3	170.7	74.9
15.5.92	55.9	59.5	60.5	63.2	66.5	70.0	73.2	75.9	87.4	108.4	124.6	151.7	95.4	187.6	128.8
15.6.92	49.1	51.8	59.0	57.8	68.6	72.4	73.8	80.0	80.7	113.2	138.8	123.7	128.1		143.4
15.7.92	49.0	53.1	69.4	55.0	56.9	72.7		80.0	90.4	106.7		118.2	120.3	129.3	80.5

Les salinités extrêmes, à l'échelle mensuelle, sont localisées dans la partie amont de la Casamance (Figure 6 et 7)

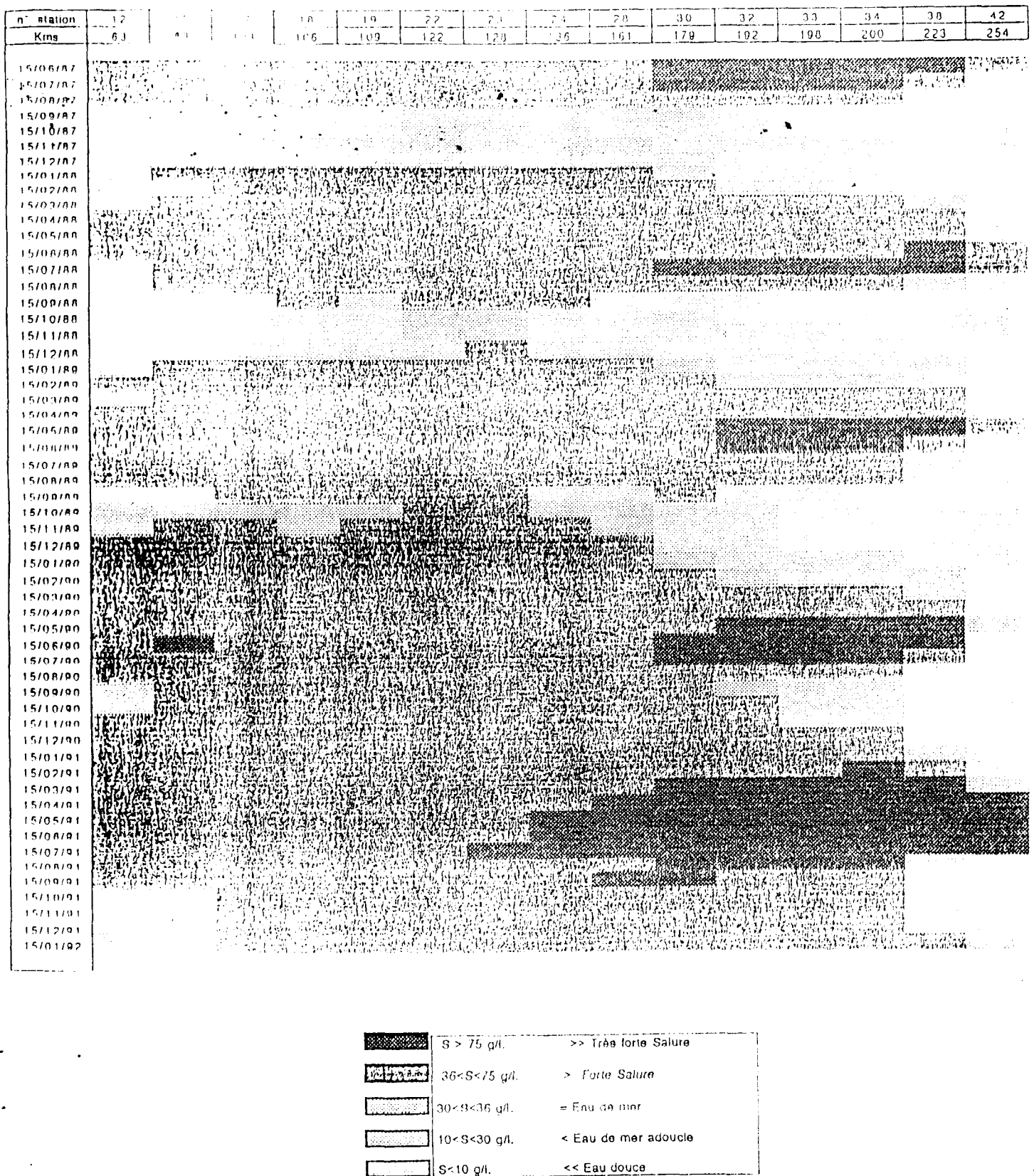


Fig. 6 - Evolution mensuelle de la salinité de juin 87 à janvier 92

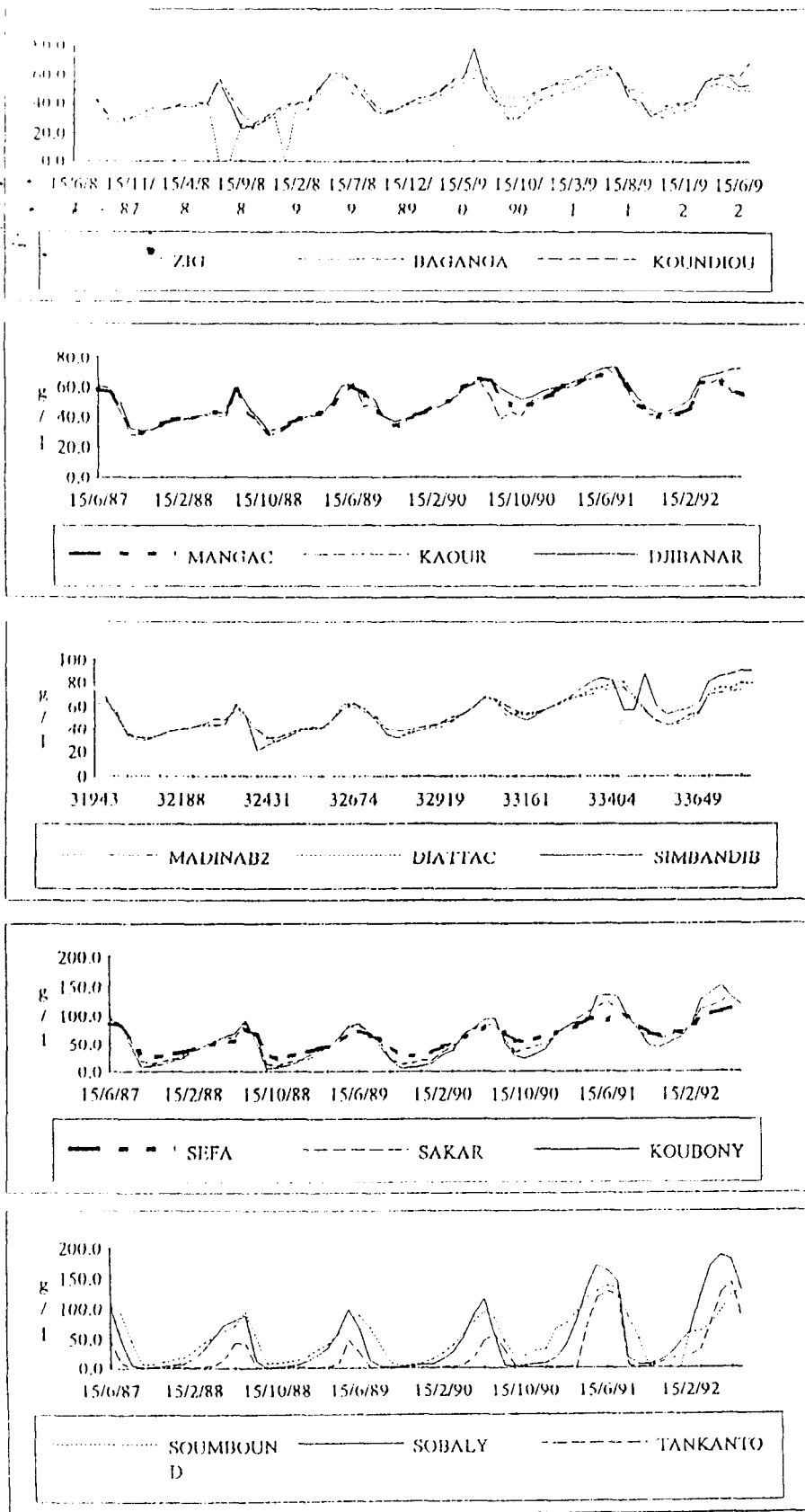


Fig. 7 - Evolution de la salinité aux différentes stations

La station de Sobali (n°38, pk 223) enregistre les salinités mensuelles les plus élevées en fin de saison sèche. La valeur maximale (187 g/l) a été observée en mai 1992. En fonction de l'importance des crues de la Casamance des salinités nulles (seuil minimal de 50 mg/l) sont relevées à la station amont de Tankanto (n°42, pk 254). La durée du séjour d'eaux douces a considérablement diminuée depuis le début de nos observations : depuis 1991 aucun site amont du fleuve n'a connu de salinités inférieures à 1,5 g/l.

L'observation du profil longitudinal du fleuve montre que le "bouchon salin" est plus ou moins marqué selon les saisons. Situé en amont en fin de saison sèche, il se déplace progressivement vers l'aval à partir de juillet. A l'exception de l'année 1990, le pic de salinité n'a pas franchi l'abscisse maximale de km 125. Le retour vers l'amont s'amorce en général à partir des mois de décembre et janvier. Ce déplacement cyclique du bouchon salin est nettement plus rapide à la fin de la saison des pluies lorsqu'il entame sa remontée vers l'amont.

3. La variation d'aval en amont

En observant les tableaux annuels ou mensuels, on perçoit en général une croissance des taux de salinité des stations de l'aval vers l'amont. Parfois la progression est interrompue par une valeur faible liée à une pluie ponctuelle (ex: 15/08/88, Mangakounda pk 106). En période sèche, les ruptures restent liées aux fluctuations de marée, à la diversité des heures de prise influant sur la température et dans une moindre mesure aux lieux de prise. Quelques rares cas de confinement d'eau sursalée se traduisent par des pics sur les courbes de croissance (ex: 15/07/90 Mangakounda au pk 106 enregistre 63,6 g/l contre 53,5 g/l à Kaour pk 109 plus en amont).

La progression de la salinité est assez faible de Ziguinchor à Diatlacounda (Figure 3) puis elle est plus forte entre Simbandi et Sakar (pk 161 et pk 192).

La croissance d'aval en amont n'est pas continue de Ziguinchor à Tankanto ce qui confirme les discontinuités déjà observées par PAGES et DEBENAY (1987) qui positionnaient deux ruptures de pente vers le pk 90 (station de Banganga) et vers le pk 150/160 (entre Kouniara et Simbandi). Les observations faites de 1987 à 1992 montrent que ces discontinuités se situeraient plus en amont vers le pk 106 (station de Mangakounda), vers le pk 179 (station de Séfa) et vers le pk 223 (station de Sobali).

Ces discontinuités permettent de scinder la Casamance (en amont de Ziguinchor) en cinq compartiments caractérisés par des gradients de salinité différents calculés à partir des valeurs extrêmes observées :

- de Ziguinchor à Mangakounda (du pk 63 au pk 106) : 0,2 g/l/km
- de Mangakounda à Séfa (du pk 106 au pk 179) : 0,3 g/l/km
- de Séfa à Sobali (du pk 179 au pk 223) : 0,6 g/l/km
- de Sobali à Tankanto (du pk 223 au pk 254) : - 1,1 g/l/km
- de Tankanto aux sources : domaine de l'eau douce

Pour clore ce chapitre sur l'évolution des salinités, nous remarquons que les plus fortes sursalures se rencontrent non pas dans la zone toujours dominée par la marée mais en amont où les eaux marines ne sont pas permanentes mais en intrusion. L'explication en est toute simple: l'eau de mer est un dessalant potentiel qui atténue les fortes sursalures.

III - LES CONSEQUENCES DE LA SALINISATION PROGRESSIVE

Le sel est devenu une menace réelle pour la Casamance aussi bien pour ses eaux que pour ses terres. L'estuaire de la Casamance est aujourd'hui perturbé dans son fonctionnement car ses caractéristiques d'un estuaire normal ont disparu sur une grande partie du cours d'eau. Par estuaire normal, on comprend un cours d'eau à pente très faible envahi par les eaux de mer mais avec une décroissance des taux de salinité d'aval en amont (forme concave du profil de salinité). Aujourd'hui du fait de pentes trop faibles, certains estuaires, avec la diminution des apports pluviométriques, ne sont plus suffisamment "lessivés" des sels déposés par les marées tout au long de la saison sèche. Compte tenu des fortes évaporations en amont, il s'ensuit une accumulation de dépôts salés de plus en plus loin de l'embouchure du fait du dynamisme de la marée. Pendant que les taux de salinité s'accroissent en amont ils diminuent vers l'aval avec le "ringage" effectué par l'eau de mer: ainsi se met en place un schéma opposé, avec progression de la salinité d'aval en amont: c'est la situation d'estuaire inverse avec une forme convexe du profil longitudinal de salinité.

A - PROGRESSION DE LA SEQUENCE INVERSE

Le fonctionnement de la Casamance comme estuaire inverse a été souligné par de nombreux auteurs. PAGES (1991) fait état de deux séquences: portion thalassique et portion a-thalassique. "*La portion thalassique, en aval avec des eaux marines concentrées est un "estuaire inverse" désormais classique. La portion a-thalassique seule, correspondrait à un estuaire caractérisée par une arrivée d'eau douce*". Cependant PAGES ne lui trouve aucun autre attribut d'un estuaire: "*dans un estuaire normal, les apports terrigènes (MOD, SiO₂, etc) sont progressivement dilués; leur concentration diminue aux salinités croissantes le long d'une droite de mélange. Dans la portion a-thalassique de la Casamance, les apports d'eau douce et ceux de substances terrigènes sont disjoints*".

Les données de salinité collectées de 1987 à 1992 ne concernent aucune station en aval de Ziguinchor mais les valeurs relevées à cette station montrent des taux supérieurs à celui de l'eau de mer, sauf de septembre à janvier pour 1987 et 1988 (29 à 34 g/l), de novembre à octobre pour 1989 et 1990 et de septembre à décembre pour 1991 (supérieurs à 30 g/l). Le reste de l'année, la salinité est croissante de l'aval vers l'amont. De 1987 à 1989, la station de Séfa n'a connu des taux inférieurs à celui de la mer que pendant 4 mois (21,7 g/l et 33,2 g/l). En 1990, sa valeur minimale a été de 53,2 g/l et 63,1 g/l en 1991; de même Kouboni n'a pas enregistré moins de 43,4 g/l. La langue salée progresse résolument vers l'amont dans la mesure où la pluviométrie n'a pas connu de regains significatifs et durables.

Par conséquent, le fonctionnement de la Casamance en estuaire inverse est aujourd'hui une réalité jusqu'à Kouboni pendant toute l'année.

Nous distinguons dans la portion a-thalassique de PAGES (1991) deux masses d'eaux, correspondant à nos séquences 2 et 3, en signalant que "l'estuaire inverse" progresse sur la séquence 2 qui est de moins en moins bien lessivée. Les taux de salinité de la séquence 2 en période sèche prolonge temporairement "l'estuaire inverse" jusqu'aux portes de la ville de

Kolda. Des conséquences néfastes sur l'environnement découlent de cette réalité.

B - DEGRADATION DU MILIEU NATUREL

" La faiblesse des apports d'eau douce due au déficit pluviométrique des 20 dernières années et l'évaporation des eaux déjà salées ont entraîné certaines années, des niveaux de salinité 4 à 5 fois supérieurs à ceux de l'eau de mer! Les conséquences furent nombreuses: plusieurs espèces de poisson parmi les moins résistants disparurent, les eaux souterraines furent contaminées, de grandes superficies de bas-fonds devinrent impropres à la poursuite de la riziculture et des palmeraies se dégradèrent " (GREPIN et al., 1992).

Les congressistes du séminaire de Ziguinchor (GREPIN et al., 1992) sur " la conservation et l'utilisation durable des ressources naturelles du bassin hydrographique de la Casamance" ne pouvaient mieux sensibiliser les acteurs du développement sur la dégradation du milieu casamançais qui était si fertile autrefois.

1. Restriction des zones de culture

La platitude du terrain en Casamance explique le facile étalement des eaux du fleuve et de la marée. Ces eaux étant de plus en plus salées, il en résulte, du fait de la forte évaporation, des dépôts de sel de plus en plus loin dans les terres. Le rinçage des terres salées n'est plus assuré par les apports hydriques. Les nappes affleurantes ne restituent que de l'eau sursalée. Les rendements baissent jusqu'à s'annuler pour les variétés cultivées qui ne supportent pas l'excès de sel. Les champs des bas-fonds sont ainsi de plus en plus abandonnés au profit du défrichage désordonné de nouvelles terres sur les plateaux, domaine des forêts secondaires et des forêts claires. Avec les cultures de rente, comme l'arachide et le coton, les réserves de terres cultivables s'amoindrissent en même temps que d'autres sont perdues à cause de la salinisation et de l'acidification des sols.

2. Dégradation de la végétation

L'avancée de la langue salée en provoquant la perte de terres de culture et le défrichage de nouvelles zones implique un recul du couvert végétal. Les grands arbres gênant les cultures sont systématiquement abattus sans aucune campagne de reboisement de substitution. En plus du défrichage, les coupes pour les besoins en bois d'oeuvre et de chauffe participent à une grande échelle à la destruction des forêts.

En rapport avec la sursalure notons que les espèces de la mangrove caractéristique des milieux estuariens ne sauraient tolérer les trop fortes concentrations de sel.

Les tannes jadis herbus se dénudent à un rythme accéléré. La diminution des apports d'eau douce et la présence de plus en plus nette des eaux salées empêchent le renouvellement de la végétation.

3. Diminution du potentiel ichtyologique.

A l'instar des autres éléments du milieu casamançais, la faune aquatique des cours d'eau a été affectée par la dégradation des conditions de vie. Beaucoup de travaux effectués par des chercheurs de l'ORSTOM, du CRODT, de l'EPPEEC permettent de retracer l'évolution de l'ichtyofaune depuis 1981 (année qui succéda au plus important déficit pluviométrique et hydrologique de 1983).

Selon ALBARET (1987) l'estuaire de la Casamance a connu en mars 1984, une très forte augmentation de la salinité de surface d'environ 35 g/l à plus de 80 g/l qui a eu pour conséquence une diminution considérable et constante de la richesse spécifique d'aval en amont, dans le bief maritime. En amont de Goudomp l'évolution décroissante de la richesse spécifique est démontrée par la prédominance, puis la quasi-exclusivité d'une espèce, *Sarotherodon melanotheron*, avec une rareté croissante de quelques espèces accompagnatrices encore présentes (telle *Tilapia guineensis*). En amont de Diana Malari, la salinité chute: *Sarotherodon* est présent avec quelques espèces eurhalines en nombre important. La richesse spécifique s'améliore grâce à l'arrivée de poissons d'origine continentale (*Claris anguilaris* et *Hemichromis fasciatus*).

L'ALBARET (1988) signale que malgré la double pression de la pêche et de la dégradation du milieu, le potentiel ichtyofaunique de la Casamance reste encore abondant et diversifié tout en rappelant une mortalité et une disparition importante de poissons en mars 1986, considéré à tort à cette époque, comme l'année du paroxysme du phénomène de la sursalure en Casamance.

L'année 1988 a connu certes un regain de pluviométrie mais depuis 1989, les déficits pluviométriques se sont encore accrus. Il n'est donc pas surprenant que le milieu ichtyofaunique soit encore davantage déstabilisé dans la mesure où la liaison est établie entre les conditions hydrologiques et les caractères ichtyologiques: la tendance du retour à une pluviométrie normale et bien répartie entraîne une atténuation progressive de la sursalure dans la partie amont que les espèces dulçaquicoles viendront peu à peu recoloniser.

Certaines espèces sont rares ou ont disparu du fait de la restriction ou de la disparition de milieu favorable à leur développement (reproduction, alimentation) comme en particulier les nombreuses zones de mangroves et herbiers de bordure. Ces milieux ont souffert, rappelons -le, de la péjoration climatique ayant entraîné la sursalure du milieu.

Il serait intéressant d'évoquer les crevettes tout en sachant que leurs conditions de vie diffèrent des autres poissons, car la vitesse du courant joue un rôle en plus de la salinité. Les crevettes augmentent de taille quand la vitesse du courant diminue; celle-ci dépendant de l'onde de marée, baisse d'amont en aval et de la surface au fond. Les crevettes affectionnent des zones de plus en plus profondes. Or la profondeur de la Casamance ainsi que la méiofaune dont se nourrissent les crevettes, diminuent d'aval en amont. Conséquence, la zone intermédiaire Ziguinchor-Goudomp reste le noyau de la pêche avec cependant des limites qu'imposent le déficit pluviométrique et la trop forte salinité.

CONCLUSION

Le fleuve Casamance perd l'attrait qu'il a longtemps exercé sur les populations du pays en raison de la dégradation de son environnement due à une pluviométrie déficiente depuis plus de deux décennies. Cette péjoration climatique se traduit par une hypersalinisation des eaux et des terres qui fait évoluer l'estuaire de la Casamance vers un stade prélagunaire.

Il en résulte une dégradation des potentialités agricoles de la région liée aux nouvelles conditions hydrodynamiques essentiellement imposées par l'effet des marées, l'évaporation et l'intervention des nappes sursalées. Le fonctionnement inverse de l'estuaire de la Casamance est devenu une constante depuis plus de 20 ans.

L'augmentation de la salinité de la Casamance a été particulièrement spectaculaire en 1991 avec une minéralisation moyenne annuelle supérieure à celle de l'eau de mer sur l'ensemble du cours d'eau.

Globalement, dans les conditions climatiques actuelles, une réduction des précipitations de l'ordre de 100 mm se traduit au niveau de la salinité moyenne par une augmentation de 10 g/l. Une tentative de modélisation, en prenant en compte toutes les recherches entreprises sur la salinité de la Casamance, pourrait aboutir à une définition assez précise de la relation entre la pluviométrie d'une année et le profil longitudinal de salinité qui lui succède.

Cette étude montre aussi qu'il semble exister un seuil pluviométrique, qui se situe vers 800 mm, en dessous duquel la croissance de la salinité dans la Casamance évoluerait de façon exponentielle entre l'aval et l'amont du bassin.

La maîtrise de l'eau est un des premiers paramètres du développement et les efforts déployés pour une meilleure gestion des ressources en eau du Sénégal doivent être menés d'une manière concertée et rigoureuse.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ALBARET J. J. (1987): Les peuplements de poisson de la Casamance en période de sécheresse. Revue d'Hydrobiologie Tropicale. N°20 (3-4). pages 291 à 306.

BASSEL M. (1992): Etude des précipitations exceptionnelles d'1 à 20 jours consécutifs sur le bassin de la Casamance. Mémoire de maîtrise Département de Géographie UCAD 115 pages

BASSEL M. (1993): Estimation des apports hydriques continentaux de la Casamance en amont de Ziguinchor. Mémoire de DEA de Géographie Physique. UCAD.

BRUNET-MORET Y. (1970): Etudes hydrologiques en Casamance. Rapport définitif ORSTOM 52 pages.

CHABOUD C., CORMIER-SALEM M. C., DIAW M. C., KEBE M. (1987): Approche socio-economique du milieu aquatique casamançais. Revue d'Hydrobiologie Tropicale. 20 (3-4) pages 323-331.

DACOSTA H. (1989): Pluies et écoulements sur le bassin de la Casamance. Thèse de 3e Cycle. Département de Géographie. UCAD. 245 pages

DEBENAY J. P., GUILLOU J. J., PAGES J., BA M., MOGUEDET G., PERTHUISOT J. P., PONTTHOREAU-GRANET G. (1990): L'écosystème de la Casamance en mai 1990. Evolution de 1984 à 1990. Rapport EPEEC/BREDA/UCAD 23 p.

DIOUF P. S., DIALLO A. (1987): Variations spatio-temporelles du zooplancton d'un estuaire hyperhalin: la Casamance. Revue d'Hydrobiologie Tropicale. 20 (3-4) pages 257-269

DIOUF P. S., DIALLO A. (1990): Succession de dominance de trois espèces d'Acartia dans un estuaire hyperhalin: la Casamance. Revue d'Hydrobiologie Tropicale. 23 (3-4) pages 195-207.

DIOP E. S. (1990): Estuaires holocènes tropicaux. Thèse de Doctorat d'Etat. STRASBOURG. Mémoire ORSTOM.

GREPIN G., POMERLEAU C., PIROT J. Y. (1992): Conservation et utilisation des ressources naturelles et durables du bassin hydrographique de la Casamance. Annales du Séminaire de Ziguinchor (22 26/10/90) UICN/ AJAC/ ISRA/ ORSTOM.

GUILLOU J. J., DEBENAY J. P., PAGES J. (1987): L'avifaune aquatique de l'estuaire de la Casamance (Sénégal). Revue d'Hydrobiologie Tropicale. n°20 (3-4)

OLIVRY J. C. (1987): Les conséquences durables de la sécheresse actuelle sur l'écoulement du fleuve Sénégal et l'hypersalinisation de la Basse Casamance. Symposium AISH Vancouver

LEBORGNE J. (1988): La pluviométrie au Sénégal et en Gambie. Labo de Climatologie. UCAD/ORSTOM

LE RESTE L., COLLART-ODINETZ O. (1987): Etude des déplacements des crevettes dans l'estuaire de la Casamance (Sénégal). *Revue d'Hydrobiologie Tropicale*, 20 (3-4) pages 271-277

LE RESTE L. (1987): Influence de la salinité et du courant sur la taille de migration des crevettes *Penaeus notialis* dans l'estuaire de la Casamance. *Revue d'Hydrobiologie Tropicale*, 20 (3-4) pages 279-289.

PAGES J. M. (1991): Biomasse et production phytoplanctoniques dans deux estuaires paraliques d'Afrique de l'Ouest. Thèse de Doctorat. Montpellier II. 203 pages.

PAGES J., DEBENAY J. P. (1987): Evolution saisonnière de la salinité de la Casamance. Description et essai de modélisation. *Revue d'Hydrobiologie Tropicale*, 20(3-4) pages 203-217

PANDARE D. (1988): Ichtyofaune de la Casamance. Rapport EPEEC Etude des estuaires: Sénégal et Casamance.

PANDARE D., NIANG S. (1989): Etudes des estuaires et lagunes du Sénégal Rapport EPEEC DEC. 1989. Dakar

SAOS J.L., THIEBAUX J.P. (1988): Evolution de la salinité en Basse Casamance. Exemple du marigot de Baïla ORSTOM Dakar

SAOS J. L., LE BOUTELLER C., DIOP E. S. (1987): Aspects géologique et géomorphologique de la Casamance. Etude de la sédimentation actuelle. *Revue d'Hydrobiologie Tropicale*, n°20(3-4), pages 189-336.

2. Méthodologie de mesures et l'expression des résultats

a) Méthodologie

L'équipe de BRUNET-MORET (1970) a mesuré la salinité à l'aide d'un conductimètre équipé d'un correcteur de température incorporé. La sonde de température et l'électrode de conductivité étaient immergées côte à côte lors des mesures faites *in situ*. Un coefficient de correction, fonction de la température, était affecté à la valeur de la conductivité. Cet appareil de laboratoire, n'était cependant pas idéalement adapté à la mesure de la minéralisation réelle de ce type de milieu particulièrement concentré et avec une gamme de salinité extrêmement étendue (de 3,2 g/l à 40,6 g/l selon BRUNET MORET, in DIOP 1990). Notons enfin qu'un appareil de ce type, bien réglé et avec des piles neuves, ne donne qu'une précision de lecture de l'ordre de 2 pour cent.

Aujourd'hui, les salinités des eaux saumâtres sont plus couramment mesurées avec un réfractomètre optique d'utilisation rapide et simple.

Le réfractomètre optique utilisé ATAGO S 10 (Figure 1) se présente sous la forme d'un tube de 20 cm de long, d'un diamètre de 2 à 3 cm avec 2 parties essentielles. A l'arrière, un oeil de visée et de lecture de la teneur en chlorure de sodium sur une échelle graduée qui apparaît sur un disque bleu et, à l'avant une surface prismatique en verre où l'on place la goutte d'eau sur laquelle on abaisse un battant en verre. Avant utilisation le réfractomètre est calibré (réglage du 0) à partir de solutions de ClNa étalonnées. Face au soleil on lit sur l'échelle la teneur en ClNa (composant essentiel de l'eau de mer) qui s'accroît ou s'abaisse selon que l'eau est plus ou moins salée. La valeur obtenue doit être convertie en salinité réelle, la mesure au réfractomètre n'évaluant que la concentration cumulée des ions chlore et sodium (85% de la minéralisation moyenne de l'eau de mer).

Pour homogénéiser les résultats, la conversion des anciennes mesures de la conductivité en teneurs en sel se fait à partir de l'équation suivante établie par GAC (comm. inédite) à partir de 1.800 mesures simultanées de la conductivité et de la teneur en ClNa au réfractomètre.

$$S = 0.00196 C^2 + 0.676 C - 0.172$$

S : salinité exprimée en g/kilo d'eau

C : conductivité en milliSiemens/cm

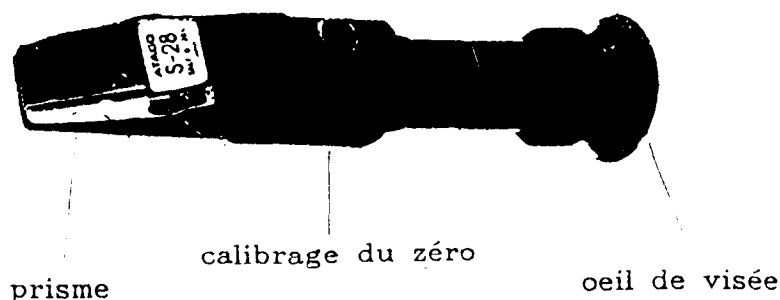


Fig. 1 - Schéma du réfractomètre optique Atago S 10