

RÉPUBLIQUE DE COTE D'IVOIRE

—  
MINISTÈRE  
DE LA PRODUCTION ANIMALE

G. R. BERRIT

**CENTRE DE RECHERCHES  
Océanographiques**



**LES EAUX DESSALEES  
DU GOLFE DE GUINEE**

Document scientifique provisoire  
N° 009 — Octobre 1966

**SYMPOSIUM SUR L'OCEANOGRAPHIE ET LES  
RESSOURCES HALIEUTIQUES DE L'ATLANTIQUE TROPICAL**

**Abidjan - 20 - 28 octobre 1966**

**LES EAUX DESSALEES DU GOLFE DE GUINEE**

**par G. R. Berrit  
Centre de Recherches Océanographiques  
Abidjan - 20 - 28 octobre 1966**

# WATERS OF LOW SALINITY IN THE GULF OF GUINEA

## SUMMARY

The rainfall in the equatorial zones, the river flow and the weak evaporation permanently create in the Gulf of Guinea masses of dissalinated water, whose vertical and horizontal extension varies considerably along the year.

There are two principal areas of formation of these water : the Bay of Biafra and the Coast of Graines ( Liberian Coast). Another permanent area of low salinity is produced by the flow of the Congo River.

The Bay of Biafra is the more characteristic and is also the most known among the low salinity areas. It is possible anyway to show a seasonal descriptive schema of its hydrology. The fresh water budget shows that the river inflow is balanced by the evaporation, therefore the balance of fresh water corresponds approximately to the amount of rainfall into the sea. The surface streams seem to draw a dextrogyre vortex centered on the " Ile du Prince".

The "Coast of Graines" region is less known. The dissalination there is weaker, due to the lighter river supply. Differently from the " Biafra Bay" it is always connected with a seasonal extension, to the north during the boreal summer, and to the east during the austral summer.

The available datas allow a conclusion for the probable existence of a dynamic dome off the Liberian and Guinean Coast.

From september to may, the dissalination extends towards the south until St. Paul de Loanda over a coastal extension of approximately 300 miles. It seems to be at least partially supplied by a discharge of the Biafra Bay carried by a southern stream, whose existence is assumed from some dynamic calculations.

Between the Equator and Mossamedes there exist probably one or more dynamic domes.

.../...

The northern extension of the dissalination zone, equivalent of that of Angola, covers also a coastal area which stretches during the boreal summer, until the Nouakchott parallel. The fresh water budget allows us to interpret the seasonal salinity minimum as the effect of a discharge coming from the south which is confirmed by the currentology.

During the hot austral season, the dissalination area extends also up to the coasts of Dahomey - Ghana and Ivory Coast. The contributions in fresh water of the Coast of Graines, do not seem to play an essential role which could be attributed to local rainfalls.

---

LES EAUX DESSALEES DU  
GOLFE DE GUINEE

par

G. R. Berrit

- R E S U M E -

Les précipitations de la zone équatoriale, les apports fluviatiles et la faible évaporation entretiennent en permanence dans le Golfe de Guinée des masses d'eaux dessalées dont l'extension verticale et horizontale varie considérablement au cours de l'année.

Il existe deux régions principales de formation de ces eaux, la Baie de Biafra et la Côte des Graines. Une autre dessalure permanente d'extension notable est due aux apports du fleuve Congo.

La Baie de Biafra est la plus caractérisée, et aussi la mieux connue des zones de dessalure. De son hydrologie on peut donner un schéma saisonnière descriptif. Le bilan d'eau douce indique que les apports fluviatiles sont compensés par l'évaporation et qu'il existe un excédent correspondant aux précipitations en mer. Les courants superficiels paraissent dessiner une boucle dextrogyre centrée sur l'Ile du Prince.

La région de la Côte des Graines est moins bien connue. La dessalure y est moins forte, en raison de plus faibles apports fluviatiles. A la différence de la Baie de Biafra elle se trouve toujours en liaison avec une zone d'extension saisonnière, au nord pendant l'été boréal, à l'est pendant l'été austral.

Les données disponibles permettent de conclure à la probabilité d'un dôme dynamique au large des côtes du Libéria et de Guinée.

.../...

De septembre à mai, la dessalure s'étend vers le sud jusqu'à St. Paul de Loanda sur une bande côtière d'environ 300 milles. Elle serait alimentée au moins en partie par une décharge de la Baie de Biafra transportée par un courant sud dont l'existence est probable d'après les calculs dynamiques. Entre l'Equateur et Mossamedes existent probablement un ou plusieurs dômes dynamiques.

La zone nord d'extension de la dessalure, homologue de celle d'Angola, couvre aussi une bande côtière qui atteint, pendant l'été boréal, le parallèle de Nouakchott. Le bilan d'eau douce amène à interpréter la baisse saisonnière la salinité comme effet d'une décharge en provenance du sud, ce que confirme la courantologie.

Pendant la saison chaude australe, la dessalure s'étend aussi aux côtes du Dahomey, du Ghana et de la Côte d'Ivoire. Les apports de la Côte des Graines ne paraissent pas jouer le rôle essentiel qui serait à attribuer aux précipitations locales.

## INTRODUCTION

Les fortes précipitations et les apports fluviatiles de la région équatoriale entretiennent dans le Golfe de Guinée une masse permanente d'eaux dessalées dont le développement horizontal et vertical varie au cours de l'année.

Depuis les premières observations sur les variations saisonnières dans cette région de l'Atlantique ces dessalures ont été repérées et localisées et il est maintenant possible de donner un schéma descriptif de leur principales variations.

Ces eaux ont été décrites sous le nom d'"Eaux Guinéennes" comme une des trois catégories d'eaux de surface présentes dans le Golfe : chaudes et dessalées : les Eaux Guinéennes; chaudes et salées : les Eaux Tropicales; froides et salées : les Eaux "Froides". Le cas des eaux dessalées froides est assez rare à l'échelle du Golfe pour qu'on puisse le négliger en première approche. Cette classification s'est révélée généralement utile, tant sur le plan de l'hydrologie que sur celui de la biologie. Elle fixe les limites 24° pour la température et 35‰ pour la salinité. Ces deux valeurs ou des valeurs très voisines, sont fréquemment associées, que l'on considère les répartitions horizontales ou verticales. En Baie de Biafra par exemple les deux surfaces 24° et 35‰ coïncident dans les limites de précision de l'observation.

Un des traits les plus caractéristiques du Golfe de Guinée, et dont les conséquences biologiques sont considérables est l'alternance saisonnière, dans ces zones proches de l'Equateur, d'eaux froides et d'eaux chaudes, ces dernières la plus souvent de la catégorie des eaux guinéennes, c'est à dire dessalées.

Deux zones contrastent avec le reste du Golfe par la faible amplitude de leurs variations annuelles, tant halines (la salinité y est

.../...

toujours faible), que thermiques-(ces régions sont en effet toujours chaudes). Elles apparaissent comme les zones de formation des ~~eaux~~ eaux guinéennes. Ce sont d'une part la Baie de Biafra et d'autre part la Côte des Graines, devant le Libéria.

Une troisième région dessalée en permanence sur une large étendue est celle où se déversent les eaux du Congo.

Nous allons exposer ce que nous savons de ces trois réservoirs d'eau dessalée, et de quelle façon on peut décrire et interpréter leurs extensions saisonnières.

#### LA BAIE DE BIAFRA --

Nous donnons de la Baie de Biafra une définition hydrologique en l'identifiant à la région de permanence des eaux guinéennes, c'est à dire en la limitant à la surface minimum déterminée par l'isohaline 35‰.

De juin à septembre, la domaine des eaux dessalées orientales (par opposition aux eaux "occidentales" de la région libérienne) se trouve limité au sud par la zone frontale du Cap Lopez, à l'ouest par les eaux salées et froides de la région ghanéenne, où règne un upwelling côtier. Toutes les observations amènent à fixer entre Cotonou et Lomé, et schématiquement sur le méridien 2<sup>o</sup>E la limite d'influence de ces montées d'eaux froides.

Les observations au large, beaucoup moins nombreuses que dans les régions proches des côtes et des îles ne permettent de fixer que grossièrement la position de l'isohaline 35‰. D'après les observations de surface exécutées en 1957 - 1958, il semble qu'on puisse la tracer, en août, comme un arc de cercle joignant Lomé et Annobon.

L'eau dessalée constitue dans cette région la couche de couverture, d'une épaisseur, variable suivant les saisons et la position géographique,

.../...



de 20 à 50 m environ. Au dessous d'elle, les eaux de la thermocline représentent une zone de mélange qui peut atteindre jusqu'à 50 m d'épaisseur mais est généralement voisine de 20 m. Le gradient de température dans la thermocline varie assez largement autour d'une valeur moyenne de  $0,25 \text{ m}^{-1}$ . Les mélanges sont donc assez irréguliers entre couche de couverture et eaux sous-jacentes, mais ils restent en général faibles, particulièrement en haute mer.

La dessalure diminue du fond de la baie vers le large et varie sensiblement au cours de l'année. Nous l'exprimons ici en épaisseur d'eau douce mélangée à de l'eau à 35‰ le calcul donne, pour décembre 1962, sur la ligne Douala, Sao Tomé 7 m d'eau douce entre  $3^{\circ}\text{N}$  et la côte, 4,3 m entre  $3^{\circ}\text{N}$  et  $2^{\circ}\text{N}$ , 3,2 m entre  $2^{\circ}$  et  $1^{\circ}\text{N}$ , 1,9 m seulement par  $1^{\circ}\text{N}$ . En moyenne, pour l'année et sur l'ensemble de la baie, la dessalure correspond à la présence de 3 m d'eau douce environ.

Le bilan annuel d'eau douce fait ressortir un excédent, du fait des fortes précipitations et d'importants apports fluviatiles.

Nous retenons, pour l'évaporation, le valeur calculée d'après West pour l'Atlantique dans la zone des calmes, entre  $0^{\circ}$  et  $10^{\circ}\text{N}$ , soit 107 cm par an.

Les apports fluviatiles, répartis sur les 420.000 Km<sup>2</sup> de la surface de dessalure représentent une moyenne annuelle de 110 cm.

Compte tenu de la précision de ces deux données, on peut admettre qu'évaporation et apports fluviatiles se compensent. Il reste l'excédent des précipitations qui se chiffrent, avec une incertitude de quelques dizaines de centimètres, à 1,50 m par an.

Du fait de la présence constante d'une thermocline, la diffusion verticale reste faible et une quantité importante d'eau douce doit être évacuée par transport horizontal.

BAIE DE BIAFRA - SALINITES DE SURFACE

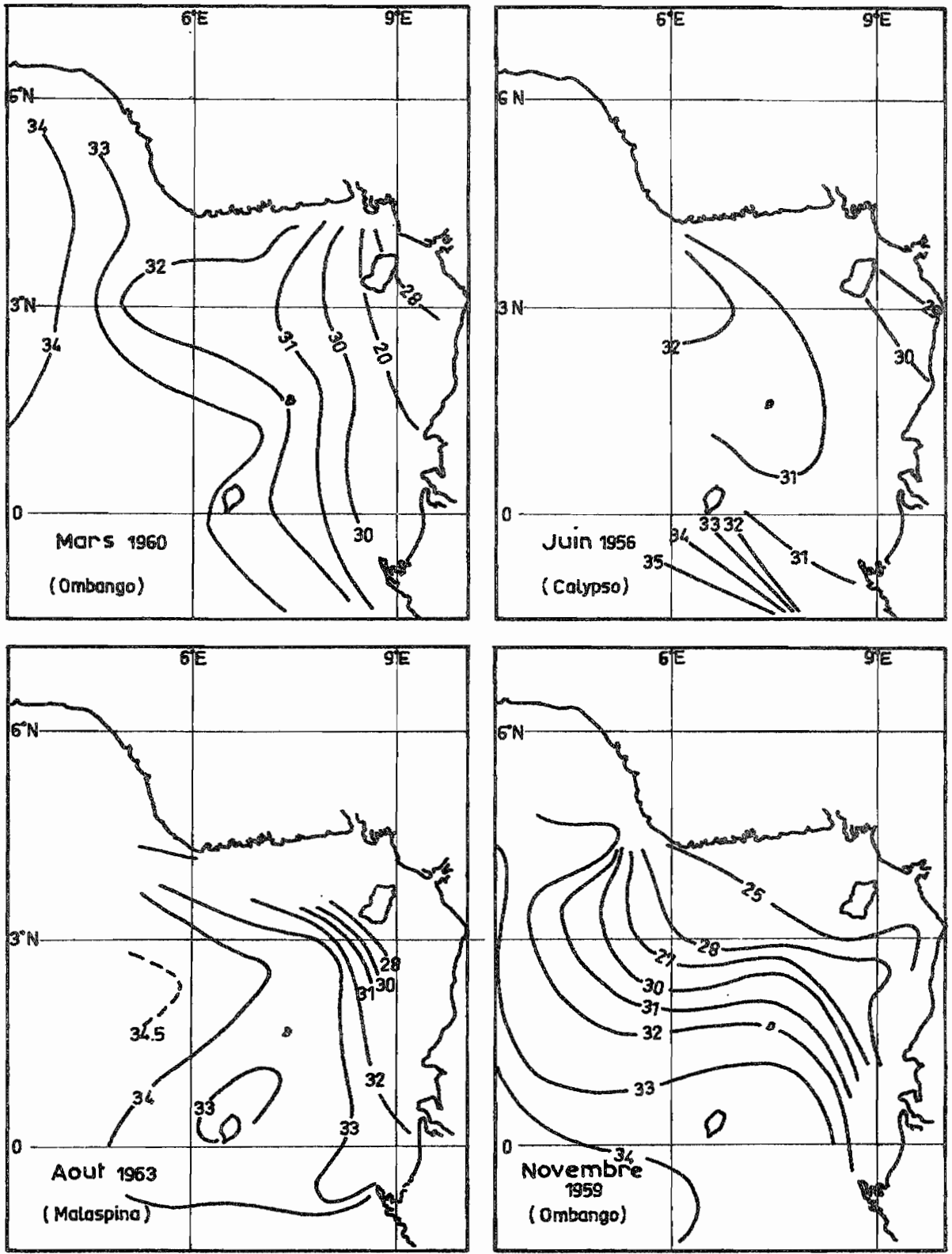


Figure 1

L'hydrobilan confirme ainsi le rôle de la Baie de Biafra comme réservoir d'eau dessalée alimentant périodiquement les régions voisines.

LA REGION DE LA COTE DES GRAINES OU REGION LIBERIENNE --

La région libérienne paraît jouer un rôle analogue à celui de la Baie de Biafra. Elle est limitée au nord par le front de Guinée, qui attei~~nt~~nt aux environs du Cap Verga, au sud par le front du Cap des Palmes. Contrairement à ce qui se passe pour la Baie de Biafra, ces deux limites ne sont jamais simultanément présentes : en effet le front de Guinée existe en saison froide boréale, celui du Cap des Palmes pendant la période de l'upwelling, c'est à dire en saison froide australe. La région de dessalure n'est donc jamais isolée : pendant l'été boréal elle est limitée au sud et à l'est par les eaux froides mais rattachée aux eaux guinéennes du nord. En période de saison chaude australe, le front des eaux froides, sa limite nord, est établi vers 10°N, mais la limite sud a disparu avec l'upwelling et il y a une certaine continuité entre la région libérienne et les régions situées au sud et à l'est.

Le dessalure est permanente entre le Cap Verga et le Cap des Palmes. Le rareté des observations ne permet guère que des hypothèses sur son étendue vers le large. Les plus basses valeurs de salinité paraissent se trouver du côté de la Sierra Leone. Il n'existe pas, à notre connaissance ce de cartes de situation pour l'ensemble de cette région qui nous fournisse au moins une figure du réseau des isohalines.

Nous n'avons que fort peu de données pour calculer le bilan d'eau douce : l'incertitude sur l'étendue de la zone de dessalure et l'absence quasi totale de mesures hydrologiques sur les fleuves empêchent de chiffrer l'importance de la couche d'eau douce due aux apports fluviaux. Entre la Guinée Portugaise et le Cap des Palmes, on ne peut qu'estimer les débits d'après les bassins versants et les modules spécifiques connus pour des zones comparables.

En prenant comme exemples les bassins versants du Cavally et du Konkouré, dont les débits sont connus, on peut calculer pour l'ensemble des fleuves guinéens une valeur approchée maximum de  $2000 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ . Les débits pour le Libéria et la Sierra-Leone sont au total d'environ  $4000 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ . Pour l'ensemble de la région comprise entre le Cap des Palmes et le Cap Verga les apports fluviatiles seraient, en moyenne de  $6000 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  avec une approximation de 30%.

L'étendue de la dessalure est probablement comprise entre  $600.000$  et  $900.000 \text{ Km}^2$ . La hauteur d'eau douce fluviatile est au minimum de 13 cm, au maximum de 38 cm.

En première approximation, et faute de données plus précises, les précipitations et l'évaporation peuvent être considérées comme du même ordre qu'en Baie de Biafra, avec un excédent annuel des précipitations sur l'évaporation de 40 cm. La différence entre les deux régions porte principalement sur les apports fluviatiles: la Baie de Biafra reçoit  $14.700 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  qui intéressent  $420.000 \text{ Km}^2$ , la région libérienne  $6000 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  seulement à répartir sur une plus grande surface. Les hauteurs d'eau correspondantes sont 110 cm pour la Baie de Biafra, 25 cm seulement, à 50% près, pour la région libérienne.

Il est bien connu que les dessalures devant le Libéria sont beaucoup moins marquées qu'en Baie de Biafra. Le facteur responsable de cette différence paraît être un plus faible apport fluviatile réparti sur une plus grande surface.

#### LA DESSALURE DU CONGO -

Une troisième région à faibles salinités permanentes est celle que créent les apports du Congo. Ce fleuve débite en moyenne  $41.300 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ .

.../...

Il connaît un étiage en juillet-août, avec environ 20.000 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup> et deux crues, la principale en novembre-décembre peut dépasser les 60.000 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>; l'autre, moins forte, se produit en avril-mai, avec un débit de l'ordre de 40.000 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>.

Nous disposons d'un certain nombre d'observations exécutées en mer sur plusieurs années, à des périodes différentes, dans la région influencée par le fleuve.

En règle générale, les eaux, après s'être dirigées vers le nord-ouest, inflechissent leur direction vers l'ouest, puis vers le sud-ouest - ou même le sud. Il y a des raisons de penser que, dans certains cas, la direction nord-ouest serait maintenue sur tout le trajet maritime des eaux fluviales, mais aucun relevé d'ensemble de l'hydrologie de la région n'a permis de saisir aucune situation de ce genre.

L'isohaline 25‰ a été observée, en étiage, à 35 milles de l'embouchure, à 120 milles en crue. La lentille à moins de 30 ‰ couvrait, pendant la crue de décembre 1963 22.000 Km<sup>2</sup>.

En juillet 1963, en période froide, alors que le Congo se déverse dans une mer dont la salinité superficielle serait un peu supérieure à 35 ‰, l'isohaline 35 se place à une dizaine de milles de l'embouchure dans le sud, et à une centaine de milles dans le nord. La limite ouest n'a pas été reconnue mais on note à 60 - 80 milles au large des signes de désagrégation de la lentille dessalée qui se fragmente. La surface intéressée par la dessalure serait alors d'environ 40.000 Km<sup>2</sup>.

On a observé à plusieurs reprises jusqu'à la latitude 8°S (entre St. Paul de Loanda et Ambrizette), à 150 milles environ de la côte, des anomalies négatives de la salinité qui ne trouvent d'explication que dans une dérive vers le sud de lentilles d'eaux dessalées en provenance du Congo:

.../...

LES SALINITES DE SURFACE DANS LA ZONE  
D'INFLUENCE DU CONGO

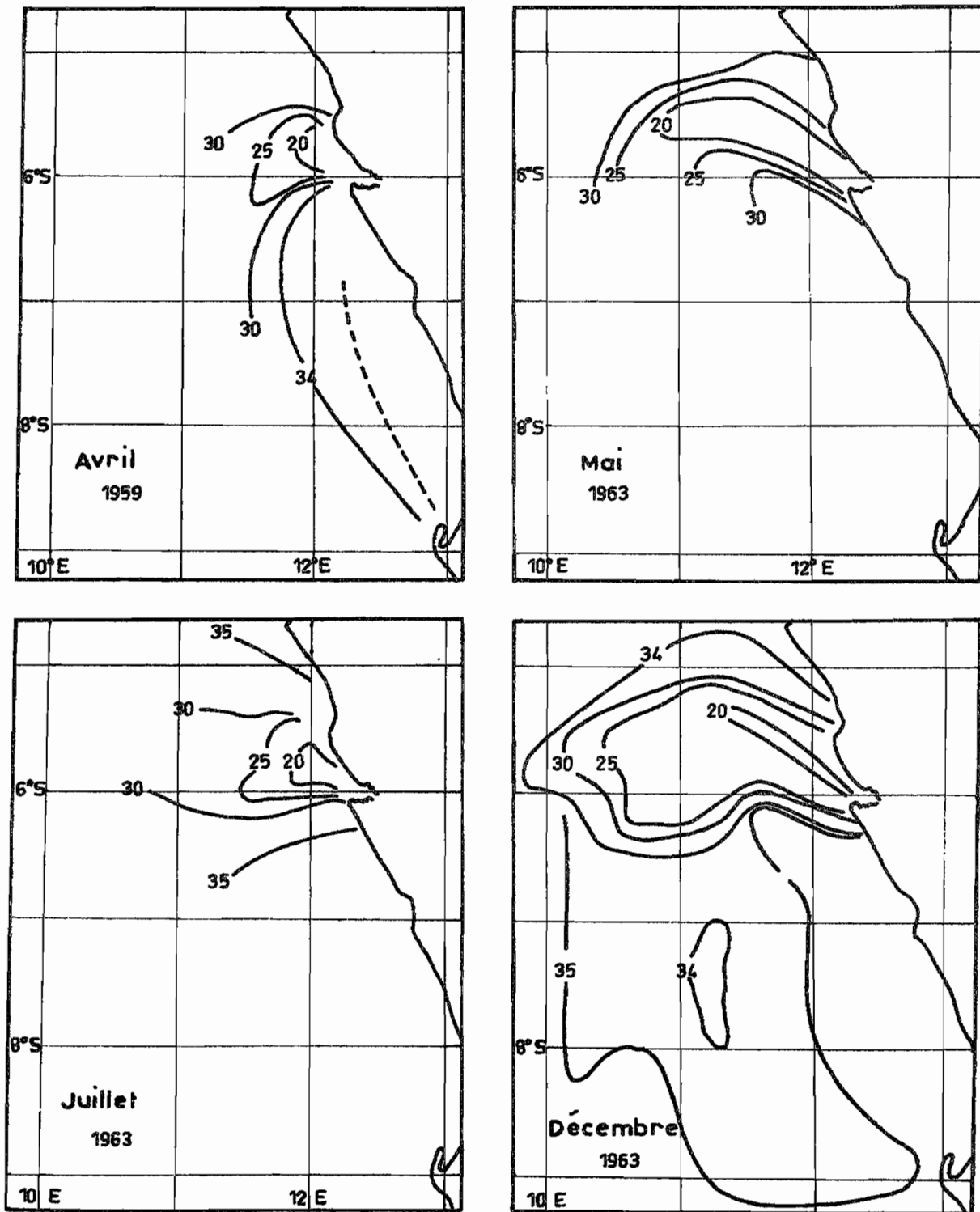


Figure 2

L'épaisseur affectée par la dessalure est variable suivant les saisons et le débit du fleuve : l'isohaline ~~30‰~~ est à moins de 5 m en période d'étiage à 60 milles de l'estuaire dans la veine principale. Elle a été observée à 15 m à 100 milles de l'estuaire pendant la crue de décembre 1963.

Les plus gros apports se produisent en saison chaude, alors qu'une thermocline bien marquée s'oppose, vers les 20 m aux échanges verticaux. En période froide par contre, de juin à septembre le fleuve débite relativement peu dans une région océanique où la densité augmente régulièrement avec la profondeur, sans pycnocline faisant obstacle à la diffusion verticale. La structure verticale marine tend ainsi en période d'étiage, à limiter la zone de dessalure et au contraire à l'augmenter pendant les hautes eaux.

#### LES ZONES D'EXTENSION SAISONNIERE DES EAUX DESSALEES -

Les eaux guinéennes s'étendent périodiquement vers le nord et vers le sud. Elles occupent aussi temporairement la région dite "des upwellings" entre le Cap des Palmes et la zone frontale du Dahomey.

Si les faibles salinités de la Baie de Biafra et de la Côte des Graines paraissent normales quand on se rappelle que le bilan "Evaporation - Précipitations" est négatif dans les régions équatoriales, en zone tropicale par contre on s'attendrait à trouver des eaux salées. L'interprétation des dessalures de l'Angola et du Sénégal fait appel à l'hydrobilan et aux modifications saisonnières de la circulation de surface.

Nous examinerons d'abord la région sud, dont l'hydrologie est la moins mal connue.

#### REGION SUD -

De septembre à mai, pendant la saison chaude australe, une nappe d'eau dessalée, d'une vingtaine de mètres d'épaisseur s'étend, le long des

côtes du Gabon, du Congo et de l'Angola sur une largeur de 250 à 300 milles jusqu'à latitude de St. Paul de Loanda - par 8° S.

La présence du Congo et le fait que les périodes de dessalure correspondant en gros aux mois pluvieux ne suffisent pas à justifier les baisses de salinités constatées et il est nécessaire de faire appel à une source extérieure d'eau douce. Celle-ci ne peut être que la Baie de Biafra, dont nous venons de voir qu'elle constituait une réserve de dessalure pour les régions voisines.

Le bilan d'eau douce est difficile à établir sur une année. Sur les termes évaporation eaux fluviatiles, précipitations, le premier seul peut être considéré comme satisfaisant : la valeur zonale donnée par Wüst pour l'Atlantique diffère certainement de moins de 20% de la valeur réelle.

Le total des apports fluviatiles est connu avec une bonne précision, mais les observations hydrologiques ne sont pas assez nombreuses pour fixer les limites et préciser l'importance de la dessalure.

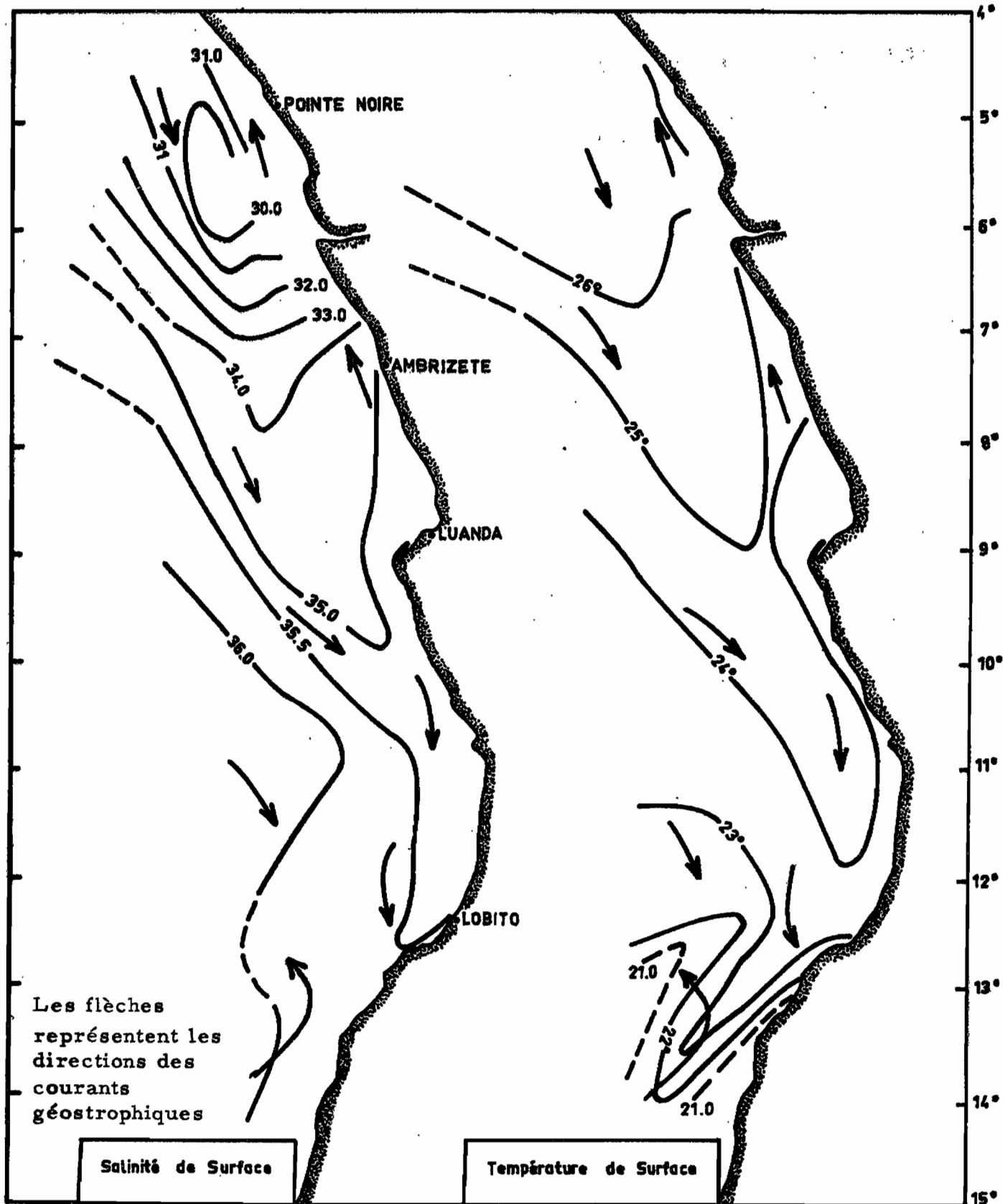
Enfin et surtout les chiffres probables des précipitations se placent entre 200 et 1000 mm par an avec une incertitude qui ne laisse au bilan aucun signification.

On peut éliminer le facteur le plus mal connu, les précipitations, en dressant un bilan pour les seuls mois de septembre et octobre, qui sont encore secs à terre et probablement en mer, alors que la dessalure est déjà très nette, comme le montrent les observations de l'Ombango en octobre 1959.

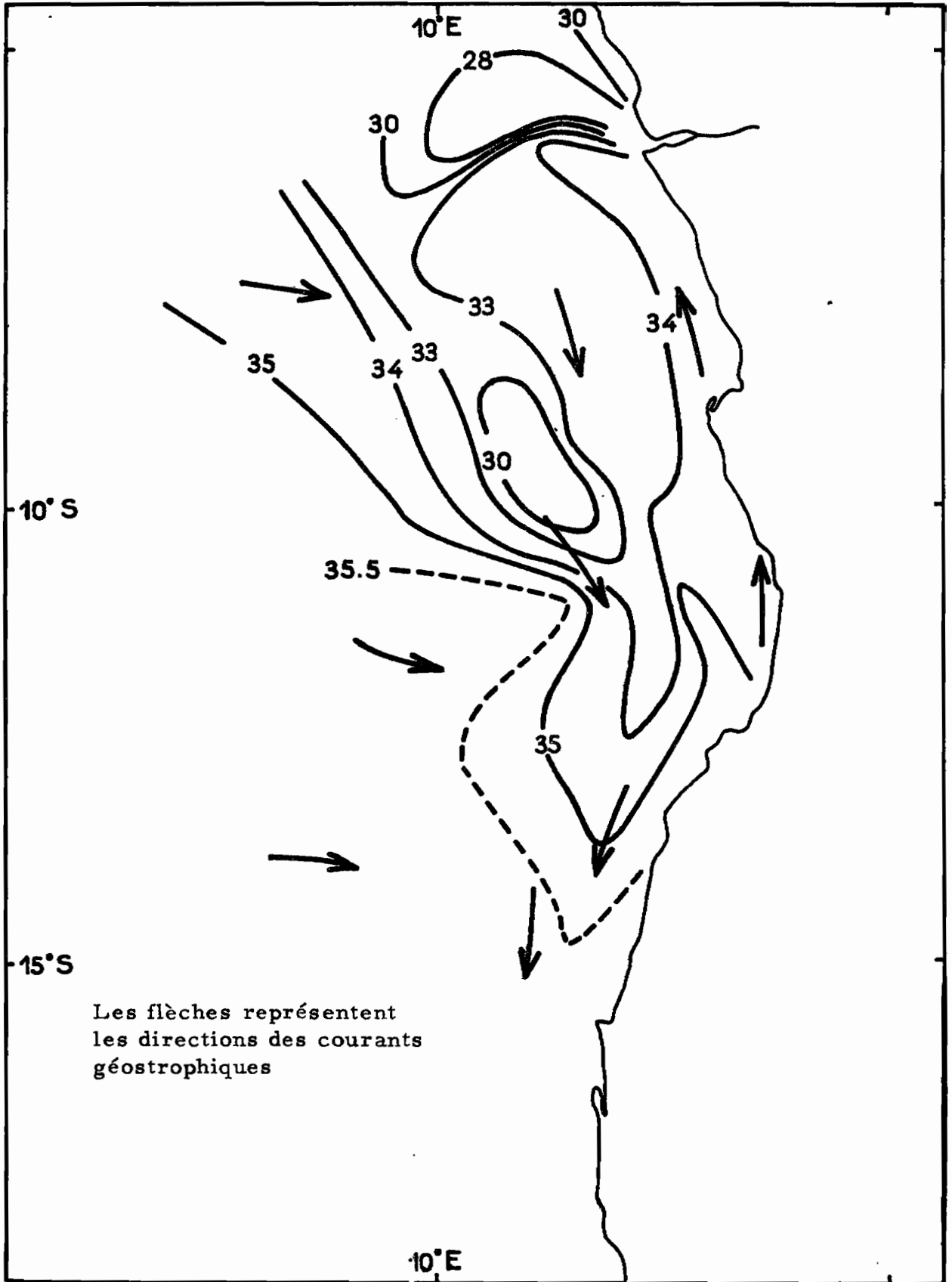
Le seul apport d'eau douce est celui des fleuves, du Congo essentiellement qui, en septembre-octobre n'est pas loin de son étiage d'août. Pour ces deux mois la valeur  $40.000 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  représente probablement un maximum. Il se déverse en deux mois  $200.10^9 \text{ m}^3$ . La longue dessalée couvre, en octobre  $600.000 \text{ Km}^2$  sur lesquels le volume précédent correspond à une hauteur de 33 cm.



# Températures et Salinités de surface en octobre 1959



# Isohalines de surface en mars 1961.



La valeur zonale moyenne donnée par Wüst pour l'évaporation est de 141 cm par an -- soit, pour 2 mois 23 cm. Aux pertes par diffusion près, il resterait donc sur l'étendue de la dessalure 10 cm d'eau douce provenant du Congo.

Ces 10 cm d'eau n'abaisseraient que de 0,17 ‰ la salinité d'une couche de 20 m d'eau à 35 ‰, l'amenant à 34,83 ‰. La valeur moyenne observée paraît sensiblement plus faible et il faut aussi tenir compte des phénomènes de diffusion qui, en période froide "digèrent" totalement les apports du Congo sur une surface très inférieure aux 600.000 km<sup>2</sup> considérés.

Il paraît donc très probable que la langue de dessalure soit alimentée en eau douce, partiellement au moins par un apport extérieur qui ne peut être que la décharge périodique des excédents de la Baie de Biafra.

#### LA REGION NORD --

Si la présence du Congo pouvait poser un problème quant à l'origine des dessalures saisonnières, le cas de la région nord d'extension des eaux guinéennes est plus simple : le débit du Sénégal est négligeable ceux de la Gambie et de la Casamance sont faibles. Il est certain qu'entre le Cap Verga et le Cap Timiris l'évaporation excède largement les précipitations.

Pour ces dernières, la carte de Schott indique, entre 15 et 25°N, devant la Mauritanie et le Sénégal, et jusqu'au delà des Iles du Cap Vert moins de 100 mm par an. La valeur zonale de l'évaporation pour l'Atlantique est de 146 cm. Le déficit annuel est donc d'au moins 136 cm.

Or, en période chaude, on relève de basses salinités tout le long de la côte jusqu'à 20°N. L'isohaline 35 ‰ dépasse Dakar vers le nord à partir d'août, arrive à St. Louis en septembre et se maintient entre la latitude de cette ville et celle de Nouakchott jusqu'à la mi-décembre.

.../...

Les pluies tombent pendant cette période. D'août à novembre, on relève en moyenne 486 m à Dakar (sur 608 de total annuel), 309 à St. Louis (sur 390), 112 à Nouakchott (sur 130), 19 à Port-Etienne (sur 27). Les valeurs en mer sont certainement beaucoup plus faibles.

A cette époque de l'année la force des vents diminue et l'évaporation passe probablement par un minimum qui reste supérieur aux valeurs correspondant aux calmes équatoriaux -- 107 cm par an en moyenne.

En quatre mois, la hauteur d'eau évaporée est donc comprise entre le minimum de 36 cm et la valeur moyenne zonale de 49 cm. La valeur extrême des précipitations à la côte, celle de Dakar, est de 48 cm. Il pleut certainement beaucoup moins en mer. L'évaporation prédomine donc sur les précipitations, même en saison des pluies. Sans apports extérieurs les eaux de cette région seraient soumises à une concentration et on y trouverait toute l'année des salinités élevées, comme c'est effectivement le cas au très grand large à ces latitudes.

Les basses salinités saisonnières sont donc produites par une arrivée d'eaux superficielles peu salées. Leur origine ne peut être que la région de la Côte des Graines.

Ces transports périodiques, vers le sud ou vers le nord, d'eaux dessalées formées en Baie de Biafra ou devant la Côte des Graines supposent l'existence de certains courants superficiels. Nous allons donc examiner, sans entrer dans les détails, le schéma des transports.

Disons tout de suite que les données sont très peu nombreuses, dans ces régions. S'il existe une édition mensuelle, périodiquement mise à jour, des Pilot Charts pour l'Atlantique Nord, la rareté des observations dans l'Atlantique Sud n'a permis d'établir qu'un atlas des moyennes trimestrielles.

A défaut de mesures directes, et d'un réseau de stations hydrologiques assez dense pour permettre le calcul des courants géostrophiques nous avons utilisé la topographie de l'isotherme 24°, d'après les moyennes trimestrielles des données des stations hydrologiques et des bathythermogrammes. La densité des observations permet de donner une esquisse de la surface 24° pour trois des quatre trimestres dans la région comprise entre la Côte et l'Equateur, de 15°W à 5°E. Pour la région orientale, Baie de Biafra et zone sud jusqu'à l'Angola nous disposons des résultats de quelques campagnes de courte durée et de topographies dynamiques utilisables. La région nord est mieux connue des navigateurs et les données traditionnelles y représentent encore l'information la plus solide.

L'ensemble est assez complexe et représente un système de cellules de circulation juxtaposées depuis la Mauritanie jusqu'à l'Angola. Certaines, très allongées peuvent être réduites à deux courants de sens contraire, d'autres affectent l'allure de boucles de grandes dimensions. L'une des cellules occupe la Baie de Biafra, une autre la région de la Côte des Graines. Entre les deux et au nord de l'Equateur se placent un ou deux autres vortex, l'un entre le méridien du Cap des Palmes et celui de Greenwich, l'autre, à l'est confondu peut être, une partie de l'année au moins, avec celui de la Baie de Biafra.

Périodiquement apparaissent, dans les régions nord et sud d'extension des eaux dessalées, des courants de direction opposée à celle du flux général qui constituent avec des courants côtiers des cellules plus ou moins étirées.

En Baie de Biafra, on trouve, en toutes saisons :

- vers le 4°N un courant est, extrémité du courant de Guinée, qui atteint généralement, semble-t-il, l'île de Fernando Po.
- un courant côtier, plus ou moins développé vers le large, qui porte au nord.

- à l'ouest de ce dernier un courant sud-ouest qui s'infléchit vers l'ouest au voisinage de l'Equateur, ou dès 3°N ou 2°N suivant les saisons.

- enfin, probablement, un courant nord qui ferme la boucle vers 6°E, ou plus à l'ouest.

Dans la région libérienne, on observe un approfondissement de l'isotherme 24° qui atteint son immersion maximum vers 2°N - 3°N entre 10° et 13°W. La figure suggérée est celle d'un boucle formée par le courant parallèle à la côte (Courant de Guinée) un courant traversier sud à la longitude du Cap des Palmes, le courant sud Equatorial un peu au nord de l'Equateur et un courant traversier nord ou nord-ouest.

L'extension des eaux guinéennes vers le nord ou vers le sud s'explique par l'établissement de courants portants :

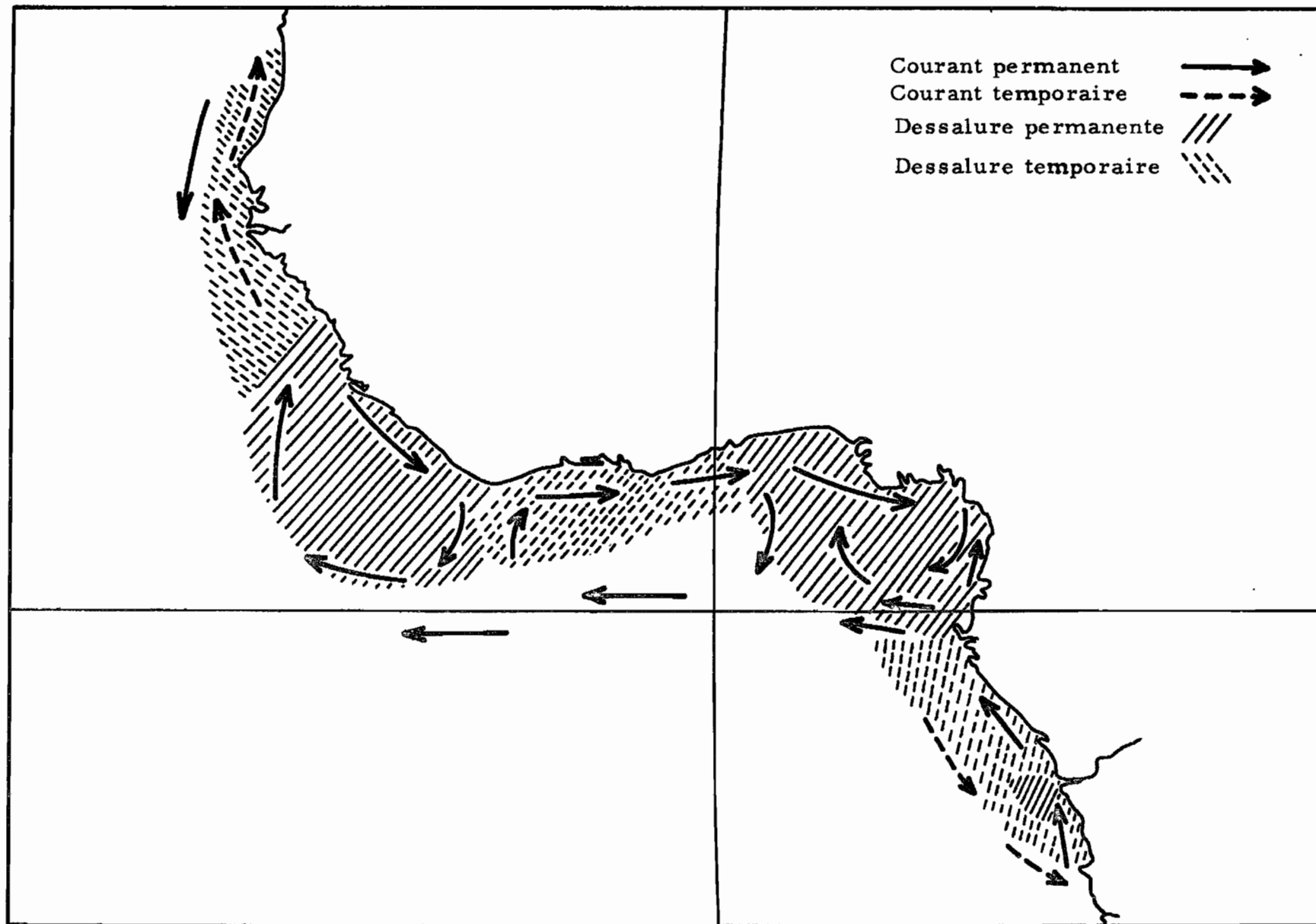
- Au nord du front de Guinée, donc approximativement vers 10°N, la période chaude correspond à l'apparition de flux dirigés vers le nord; ce fait bien connu des navigateurs est généralement mentionné dans les documents nautiques.

De janvier à mai le flux général est sud ; on ne trouve nulle part aucune mention d'un courant nord. Ce dernier est signalé de juin à décembre. C'est un courant côtier. La zone affectée paraît varier considérablement, tant vers le large que dans ses limites nord ou sud; les points extrêmes étant Monrovia et le Cap Blanc.

Le transport d'eau dessalée se ferait par cette cellule de circulation, entre la côte et le courant des Canaries.

En ce qui concerne la région sud, les observations directes de courants de surface sont, nous l'avons déjà dit, très rares. Le schéma classique indique seulement un flux général portant au nord - ouest, puis à l'ouest au voisinage de l'Equateur. On sait cependant que les courants

Schéma halin superficiel



sud ne sont pas rares. Au voisinage de la côte ils représentent environ 10 % des directions relevées par les navires marchands. Plus au large, l'"OMBANGO" les a observés à plusieurs reprises. Nous avons vu précédemment que les eaux du Congo sont généralement portées au sud à une certaine distance de la côte.

Si les observations directes sont peu nombreuses, les calculs dynamiques exécutés sur les résultats hydrologiques de deux campagnes de l'"OMBANGO" - Campagne 9 - en octobre 1959. Campagne 14 en mars 1961 - indiquent bien la présence, à 150 milles environ de la côte, d'une crête dynamique qui manifeste un changement de la direction du courant.

X

X

X

Il est encore une région dont nous n'avons rien dit, c'est précisément celle où nous sommes en ce moment, celle des upwellings, entre le Cap des Palmes et cette région du Togo Dahomey qui marque la limite de la Baie de Biafra telle que nous l'avons définie.

Notre première idée était que cette zone était périodiquement recouverte d'eaux dessalées provenant de l'est, Baie de Biafra, de l'ouest, Côte des Graines, ou des deux à la fois.

En fait, l'examen du bilan d'eau douce indique un excédent de précipitation renforcé par des apports fluviatiles modestes - le module moyen annuel total est de 2.400 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>.

On y trouve toute l'année, entre la Côte et l'Equateur, la cellule de circulation, ou boucle de courant dont j'ai parlé tout à l'heure. Elle est formée, au nord par le courant de Guinée, au sud par le courant sud Equatorial, à l'est par un courant sud et à l'ouest par un courant nord. La superficie représente en gros 300.000 Km<sup>2</sup>.

.../...



Sur cette surface, les eaux fluviatiles représentent une hauteur de 25 cm, et les précipitations 100 à 150 cm. L'évaporation, dans cette zone de calmes doit être voisine de la valeur donnée par Wüst pour 0 - 10°N, soit 107 cm par an.

C'est donc un excédent total annuel de 18 à 68 cm d'eau douce qui se trouve disponible et point n'est besoin d'avoir recours à des sources extérieures pour interpréter les dessalures. C'est au contraire les salinités relativement fortes de certaines périodes qu'il faut expliquer.

Mises à part les zones côtières, la salinité ne varie que de 34 ‰ à un peu plus de 35 ‰. Les périodes des plus fortes salinités paraissent correspondre avec plus faibles pluviosités. A la côte, l'upwelling contribue à donner des valeurs plus fortes.

Nous sommes finalement aussi mal renseignés sur cette région que sur les autres. On peut avancer comme probable que l'interprétation du régime des salinités doit s'appuyer sur les phénomènes locaux davantage que sur des influences extérieures à la région.

X

X

X

En résumé, avec toutes les réserves qu'imposent la grossièreté des estimations de bilan et la faible densité des observations, on aboutit, par l'examen des salinités de surface, à un schéma analogue à celui que l'on tire de l'étude des températures : le faciès hydrologique équatorial type (fortes températures, basses salinités) ne se rencontre en permanence que dans deux régions, la Baie de Biafra et la Côte des Graines où un cyclage constant entretient des conditions relativement stables. Entre ces deux zones,

des upwellings saisonniers amènent en surface des eaux fraîches et salées, créant ainsi un climat d'alternance qui rappelle celui des régions tropicales nord et sud, avec toutefois des variations de salinités beaucoup moins marquées et moins développées vers le large.

Au nord et au sud, en période de recul du front des alizés, il s'établit périodiquement des courants qui transportent le long des côtes, les excédents d'eaux chaudes et dessalées formés au Baie de Biafra et sur la Côte des Graines, créant ainsi, pendant quelques mois un faciès hydrologique équatorial.