

SECHERESSE ET MODIFICATION DES RESSOURCES HYDRIQUES EN BASSE CASAMANCE
CONSEQUENCES POUR LE MILIEU NATUREL ET SON AMENAGEMENT

Communication aux deuxièmes journées de l'eau au Sénégal
"EAU ET DEVELOPPEMENT"
(8-10 Décembre 1988).

B. BARRY (1), P. BOIVIN, D. BRUNET, J.P. MONTOROI,
B. MOUGENOT, J.L. SAOS, J. TOUMA, P. ZANTE (2).

(1) : ISRA (Institut Sénégalais de Recherche Agricole, Département
systèmes agraires, centre de Djibelor, BP 34, Ziguinchor)

(2) : ORSTOM (Institut Français de Recherche Scientifique pour le
Développement en Coopération, centre de Dakar, BP 1386, Dakar)

Résumé

La sécheresse que connaît la basse Casamance depuis deux décennies a modifié le régime hydrique du fleuve et de ses affluents. Le fleuve Casamance s'apparente maintenant à une ria, ses eaux ont les caractéristiques d'un milieu confiné.

Les nappes superficielles de la région subissent également la sécheresse. Leur niveau s'est considérablement abaissé, favorisant une pénétration des eaux salées du réseau hydrographique dans le paysage.

Les conséquences de ces transformations sont catastrophiques pour les sols et la végétation et obligent à repenser les systèmes d'aménagement hydro-agricoles de la région.

INTRODUCTION

Le déficit pluviométrique se fait sentir depuis une vingtaine d'années en basse Casamance. La modification de cette donnée fondamentale s'est peu à peu concrétisée dans ses effets sur les composantes du milieu naturel : eaux de surface, nappes superficielles, sols et végétations se trouvent parfois affectés de façon irréversible.

En dernier ressort, ce sont la plupart des activités agricoles et de pêche qui souffrent des aléas climatiques. Face à cette contrainte, de nouveaux schémas d'aménagement sont proposés et expérimentés.

I LES EAUX DE SURFACE

Il faut observer que les pentes des bassins versants de la Casamance et de ses affluents sont généralement très faibles ou nulles : jusqu'à 250 km de l'embouchure pour la Casamance.

Seul un excès de précipitations, provoquant ruissellement et nappes en charge, explique les écoulements identifiés par Brunet-Moret (1970).

A mesure que s'est fait sentir le déficit pluviométrique, les nappes superficielles se sont abaissées, les ruissellements ont diminué : en quantité comme en extension dans le temps. Le bassin versant de la Casamance a commencé alors à fonctionner en véritable "bac évaporatoire", le déficit hydrique étant compensé cette fois par une intrusion des eaux marines dans l'estuaire : la Casamance est devenue une source d'eau salée pour la région.

Ce processus s'est développé au point que le milieu aquatique a été décrit comme "confiné" ou "lagunaire" (Pagès et al, 1986, Debenay et al, 1986). Des salures de deux à cinq fois plus importantes que celle de l'eau de mer ont été enregistrées en fin de saison sèche, les plus fortes salures se trouvant en amont, à plus de 200km de l'embouchure (fig. 1).

Le gradient de salure croissant de l'aval vers l'amont et un taux de salure supérieur en tout point à celui de la mer sont maintenant les caractéristiques des eaux de surface tout au long de la saison sèche. Un effet "de chasse" autorise un relatif déssalement des eaux du cours d'eau au cours de la saison des pluies et selon le volume des précipitations.

II LES NAPPES SUPERFICIELLES

II-1 Les nappes superficielles des bas-fonds

Les nappes superficielles des bas-fonds (Crizières et mangrove), sont directement soumises à l'influence des eaux de surface du réseau hydrographique.

Antérieurement à la sécheresse, ces nappes connaissaient une salure moyenne et temporaire, fonction de leur position par rapport au cours d'eau et du stade saisonnier (Vieillefon, 1974).

A la faveur de la sécheresse, les nappes superficielles, non réalimentées par les nappes des plateaux (ci-après), se sont rabattues.

Le gradient de charge a alors permis une circulation des eaux salées du réseau hydrographique vers les nappes superficielles des bas-fonds.

Ce phénomène a notamment été étudié par piézométrie et suivi de l'humidité des sols sur une séquence représentant les principaux types de sols reliant le plateau au tanne (terme vernaculaire désignant les sols de bas fonds salés) (Zante et al, 1987; Zante, 1987). Cette séquence se situe sur le marigot de Koubalan, dans le massif forestier des Kalounayes, en rive droite de la Casamance (fig. 2 et 3).

Cette opération a permis de mettre en évidence le fonctionnement des nappes au cours d'une saison complète :

a) Niveau et qualité de la nappe

L'étude des variations des niveaux piézométriques permet de déterminer le sens des écoulements de la nappe.

Le niveau de la nappe dans les piézomètres a été relevé une fois par semaine de début juin à fin novembre puis une fois par mois en saison sèche, de décembre 1984 à juin 1985.

L'examen des courbes piézométriques à différentes dates montre une inversion du sens d'écoulement de la nappe entre la saison sèche et la saison des pluies.

En début de saison des pluies, la nappe s'écoule du marigot (point P4 de la figure 3) vers la palmeraie (point P1). L'inversion du sens d'écoulement s'établit progressivement au cours de cette saison de la façon suivante (fig. 4 et 5) :

10/07/84 : P4 = P3 ; pluie cumulée : 259,3 mm
02/08/84 : P4 = P2 ; pluie cumulée : 521,3 mm
13/08/84 : P4 = P1 , pluie cumulée : 598,1 mm

La nappe s'écoule de P1 à P4 du 13 août au 31 octobre, date à laquelle s'amorce le sens d'écoulement de saison sèche (de P4 vers P1). Le régime d'écoulement de saison sèche s'établit progressivement du 31 octobre au 30 janvier, la baisse de niveau la plus rapide étant enregistrée en P3 (fig. 6).

A partir du 30 janvier, la cote en P4 ne varie pratiquement plus. A partir du 7 mars, les cotes en P3, P2 et P1 sont pratiquement identiques et baissent ensemble régulièrement jusqu'à la saison des pluies suivante, provoquant l'augmentation de la charge de P4 vers les zones P3, P2 et P1.

L'amplitude maximale du battement de la nappe a été de 100 cm en P4, 185 cm en P3, 210 cm en P2 et 225 cm en P1. Les salinités sont d'environ 80 (P4), 30 (P3), < 2 (P2 et P1) mS/cm. Elles varient très peu au cours de l'hivernage.

Ces variations annuelles de la nappe ont été également observées (SAOS et DACOSTA, 1987) sur le marigot de Baïla le long de plusieurs séquences piézométriques allant jusqu'aux plateaux (fig. 7).

b) Variations du stock d'eau du sol.

Les mesures piézométriques nous renseignent sur l'évolution du niveau et de la qualité des eaux de nappes; elles sont utilement complétées par les mesures d'humidité du sol qui traduisent les variations du stock d'eau dans le sol et les cinétiques d'infiltration, d'évapotranspiration ou de ressuyage.

Le suivi des variations d'humidité au cours de la saison des pluies a été effectué journalièrement à l'aide d'une sonde à neutrons SOLO 20. Le dépouillement des données a été réalisé à l'aide du logiciel AIDHYS de l'Institut de Mécanique de Grenoble.

L'examen des profils hydriques en infiltration, présentés en figure 8, montre l'importance de la pluie du 23 au 28 juin. Elle provoque l'humectation des profils P3 jusqu'à 145 cm et P2 jusqu'à 165 cm. Par contre en P1 elle n'affecte que les 75 premiers centimètres mais on constate un accroissement d'humidité à la base du profil.

Ce fait nous a amené à examiner plus en détail la période du 29 juin au 3 août (fig. 9). On constate alors qu'en P2 et P3, les profils hydriques se sont humectés sur toute la profondeur dès la pluie du 23 au 28 juin.

Par contre en P1 le phénomène de remplissage du profil par infiltration des pluies et remontée de la nappe se poursuit. Ce n'est qu'à partir du 24 juillet que la tranche de sol intermédiaire, dont le stock d'eau n'a pas varié jusqu'alors, est réhumectée.

Ceci montre que jusqu'au 24 juillet la remontée du niveau de la nappe constatée en P1 ne peut pas se faire par transfert vertical dans le profil de sol.

La remontée du niveau de la nappe constatée dans cette unité de bordure de plateau se fait donc dans un premier temps par apports latéraux. D'après les courbes piézométriques, cet apport pourrait provenir de P2, mais cette hypothèse est difficilement compatible avec l'évolution de la salinité des nappes : ceci supposerait une augmentation de la salinité de la nappe en P1 durant cette période, or on enregistre une diminution.

Il est donc vraisemblable que dans ce cas les premières pluies se soient infiltrées plus haut dans la séquence et réalimentent latéralement la nappe.

II-2 Les nappes superficielles des plateaux

Une synthèse des données récemment acquises a été réalisée par Le Priol (1983). Il souligne l'abaissement général des nappes superficielles dans l'ensemble de la région depuis deux décennies, et estime que l'abaissement moyen annuel est de 0.25m à 0.5m selon les sites.

De fait, des rabattements de 10 mètres et plus ont été constatés. Les puits villageois doivent être régulièrement recreusés et si l'on compare altitude moyenne des plateaux et profondeur moyenne des nappes, on constate que les nappes superficielles des plateaux se trouvent généralement à une cote inférieure à celle des eaux salées du réseau hydrographique.

Des données récentes (en cours de publication) sont fournies, par Saos et Dacosta, venant confirmer cette évolution (fig. 10).

Il semble en outre que les nappes superficielles des plateaux ne soient généralement plus rechargées par l'infiltration des pluies, en raison de leur trop grande profondeur. Dans ces conditions, seuls des transferts latéraux peuvent expliquer une remontée du niveau de la nappe. Or le gradient de charge favorise souvent la circulation des eaux salées des bas-fonds vers les eaux douces du plateau : on voit le risque que comporte actuellement toute entreprise d'irrigation par pompage de la nappe superficielle. C'est le cas notamment de nombreux projets maraichers qui ont vu le jour dans la région, et la salure des eaux de pompage est effectivement une cause d'échec fréquente.

III CONSEQUENCES POUR L'ENVIRONNEMENT

III-1 Les sols

Les sols des bas fonds subissent, en raison de la modification du régime hydrique, deux types de dégradation chimique : salure et acidification.

La salure des sols est due :

- soit à l'invasion des zones basses par les eaux salées du réseau hydrographique, quotidiennement ou non, par le jeu des marées,
- soit à la remontée des sels à partir de la nappe en phase évaporatoire : en saison sèche principalement.

Les sols dont les nappes sont salées connaissent tous des problèmes de salure. Ce sont les sols de la séquence qui assure l'interface entre le cours d'eau et le plateau : sols de mangrove, de rizières et de terrasses herbacées, sols de la palmeraie.

Dans la plupart des cas, particulièrement pour les zones les plus basses, cette salure dépasse le seuil de tolérance de toutes les espèces végétales représentées dans la région.

L'acidification des sols est également due au déficit hydrique. Dans la région et avant la sécheresse, les sols de mangrove étaient, dans leur majorité, des sols potentiellement sulfatés acides. Ces sols sont caractérisés par l'abondance de leurs composés sulfurés. Un potentiel d'oxydo-réduction très bas, grâce à un état de submersion permanent, expliquant le maintien du soufre sous forme réduite.

A la faveur de la chute du niveau des nappes, les sols se sont oxydés. Or l'oxydation des sols potentiellement sulfatés acides aboutit à la formation de sols sulfatés acides. Pour schématiser, on peut dire qu'au cours de cette transformation, les composés sulfurés s'oxydent en produisant de l'acide sulfurique.

Une chute du pH en est la conséquence, un sol sulfaté acide ayant en général un pH "in situ" compris entre 3,5 et 4,5.

La presque totalité des sols de mangrove non submergés quotidiennement par les marées, notamment en amont de Ziguinchor, a connu cette évolution ces dernières années.

Mais il y a plus grave : en raison de la brutalité des conditions d'oxydation, de nouvelles formes d'acidité se sont développées (Le Brusq et al, 1987). Correspondant à des paragenèses minérales jusqu'alors inconnues dans un milieu naturel semblable, ce sont des formes d'acidité très toxiques pour les végétaux, avec des pH pouvant être inférieurs à 2 "in situ".

Ce type de sol a été proposé sous le nom de "sulfatosol alunique" lors de la mise à jour du référentiel pédologique français (Association Française pour l'Etude des Sols, 1987). Son extension est plus importante d'année en année en basse Casamance.

III-2 La végétation.

Plusieurs cas sont à considérer : végétation naturelle ou cultivée, en zone aménagée ou non.

La végétation naturelle, y compris ces derniers temps la palmeraie, a tendance à disparaître en zone non aménagée. Les taux de salure, nous l'avons dit, dépassent les seuils de tolérance de toutes les espèces présentes. C'est le cas notamment de la mangrove (Badiane, S., 1986), dont le taux de mortalité est estimé de 70 à 90% selon les auteurs, mais atteint fréquemment près de 100% en amont de Ziguinchor.

La riziculture salée a, elle aussi, pratiquement disparu.

En zone aménagée, et selon le type d'ouvrage réalisé, des résultats variables sont enregistrés (Barry et al, 1986 a et b, Fall et al, 1987, ISRA-ORSTOM, 1988).

La végétation de mangrove est protégée par les barrages-écluses "type Guidel". Encore cette protection se fait-elle au détriment de la riziculture (Barry et al, 1986, Boivin et Loyer, 1985). D'autre part, ce type de barrage n'a pas fait ses preuves quand à ses capacités à réhabiliter la mangrove en zone dégradée.

Les petits barrages anti-sel "type PIDAC" (Fall et al, 1987) constituent une véritable poldérisation des têtes de vallée. Leur vocation n'est pas de réhabiliter la mangrove. En revanche, des résultats excellents sont enregistrés pour les autres espèces végétales (Chalophytes, palmeraie). Dans les cas favorables, une bonne sécurisation de la riziculture a été obtenue. Dans tous les cas, et sous certaines réserves (ISRA-ORSTOM, 1988), des résultats sont espérés.

IV CONSEQUENCES EN MATIERE D'AMENAGEMENT

Nous venons d'évoquer la comparaison entre les deux types d'aménagement envisagés dans ce milieu : le barrage écluse ou la digue anti-sel.

L'opposition entre ces deux conceptions a été débattue à plusieurs reprises (Table ronde sur les barrages anti-sel, USAID/ISRA, Ziguinchor, 1985; Séminaire "Casamance", Ziguinchor, 1986, ISRA/CRODT) et une synthèse a été esquissée (ISRA-ORSTOM, 1988). Elle est à nouveau évoquée dans la communication de Barry et al (1988a)

Le barrage écluse "type GUIDEL", a été conçu sur des données antérieures à la sécheresse. Nous venons de résumer l'ampleur de la transformation subie, depuis lors, par le milieu naturel. On comprend donc que cet ouvrage n'ait jamais permis d'atteindre les objectifs fixés. Notamment les résultats en matière de riziculture sont restés nuls. Or ce type d'ouvrage est assez coûteux. Malgré tout, des barrages d'un même type sont envisagés ou en voie d'achèvement. Il existe là un risque réel d'investissement perdu si des aménagements secondaires ne viennent pas compléter l'existant. On trouvera dans la communication de Barry (1988) de plus amples détails sur la gestion de Guidel.

Le barrage anti-sel "type PIDAC" est une réalisation moins importante, il s'agit en fait d'une digue anti-sel dont la construction est en grande partie prise en charge par les paysans. La digue excède rarement 1000 mètres, pour généralement moins de 1000 hectares aménagés. Les avantages de cette formule ont souvent été plaidés (Barry et al, 1986b, Fall et al, 1987, Boivin et Le Brusq, 1985, Boivin et Barry, 1987, Loyer et al, 1986, Boivin et al, 1986, ISRA-ORSTOM, 1988). Cette solution est, à notre connaissance, la seule à offrir un espoir pour le développement rizicole de la région, et surtout pour sa protection vis à vis de la dégradation qu'elle connaît. Diverses recherches tendent à optimiser le fonctionnement des petits barrages anti-sel. Certaines sont mentionnées dans les communications de Barry et al (1986b, 1988c).

CONCLUSION

Les ressources en eau douce dont dispose la Casamance ont presque disparu avec la diminution des précipitations : en effet, 900 ou même 1000 mm de précipitations annuelles à Ziguinchor aboutissent à la salinisation totale du réseau hydrographique.

La transformation du climat a engendré une catastrophe écologique qui semble, à bien des égards, irréversible. Elle s'exprime à cause de deux facteurs : l'absence de pente du bassin versant dans sa partie estuarine et la chimie très particulière des sols des bas fonds.

En réaction à la salure et à l'acidité se sont élaborées de nouvelles formes d'aménagement du milieu, qui doivent simultanément être perfectionnées et développées.

BIBLIOGRAPHIE

- AFES, 1987. Référentiel Pédologique Français, INRA.
- BADIANE S., 1986. La mangrove de Casamance, ISRA, actes du séminaire tenu à Ziguinchor. 19-24 Juin 1986.
- BARRY B.(a), POSNER J.L., LE RESTE L., BADIANE S., 1986. Synthèse de trois années de suivis du barrage-écluse de Guidel (basse Casamance), Multig. ISRA Djibelor, 51p.
- BARRY B. (b), FALL A., POSNER J.L., LO M., DIOUF M.B., BADIANE S., 1986. Résultats du suivi des petits barrages anti-sel (hivernage 1985), Multig. ISRA Djibelor, 60 p.
- BARRY B., BOIVIN P., BRUNET D., MONTOROI J.P., MOUGENOT B., TOUMA J., ZANTE P., 1988a. Evolution des stratégies d'aménagement hydro-agricole des sols salés en basse Casamance, deuxièmes journées de l'eau au Sénégal, Université Cheikh Anta Diop, Dakar.
- BARRY B., BOIVIN P., BRUNET D., MONTOROI J.P., MOUGENOT B., TOUMA J., ZANTE P., 1988b. Tentative d'évaluation des transferts hydriques et salins d'un bas fond aménagé, deuxièmes journées de l'eau au Sénégal, Université Cheikh Anta Diop, Dakar.
- BARRY B., BOIVIN P., BRUNET D., MONTOROI J.P., MOUGENOT, B., TOUMA J., ZANTE P., 1988c. Impact d'un barrage anti-sel sur la dynamique de la nappe superficielle d'un bas fond, deuxièmes journées de l'eau au Sénégal, Université Cheikh Anta Diop, Dakar.
- BARRY B., 1988. Historique et problématique de la gestion du barrage-écluse de Guidel, deuxièmes journées de l'eau au Sénégal, Université Cheikh Anta Diop, Dakar.
- BOIVIN P., LOYER J.Y., 1985. Evolution des sols salés de Mangrove du périmètre réaménagé de Soukouta I au cours de la saison des pluies 1984, Multigr., Orstom Dakar.
- BOIVIN P., LE BRUSQ J.Y., 1985. Recommandations concernant l'aménagement du domaine fluvio-marin en basse Casamance, Multigr., Orstom Dakar.
- BOIVIN P., LOYER, J.Y., MOUGENOT, B., ZANTE, P., 1986. Sécheresse et évolution des sédiments fluvio-marins au Sénégal. Cas de la basse Casamance, Symposium INQUA-Dakar.
- BOIVIN P., BARRY, B., 1987. Sécheresse et évolution des conditions d'aménagement des zones fluvio-marines en basse Casamance, Multigr. ORSTOM Dakar.
- BRUNET-MORET, 1970. Etudes hydrologiques en Casamance, rapport définitif sur les campagnes 1967/1968 et 1968/1969, Multigr. ORSTOM Dakar.

- DEBENAY J.P., PAGES J., DIOUF P.S., 1986. Zonation de la Casamance basée sur les peuplements de Foraminifères et de Thécamoebiens, comparaison avec d'autres zonations écologiques, ISRA, actes du séminaire tenu à Ziguinchor, 19-24 Juin 1986.
- FALL A., BARRY B., FALL M., DIAME F., DEMAY G., SYLLA M., BADIANE S., 1987. Résultat du suivi des petits barrages anti-sel (Chivernage 1986), ISRA.
- ISRA/CRODT, 1986. L'estuaire de la casamance : environnement, pêche, socio-économie, ISRA, actes du séminaire tenu à Ziguinchor, 19-24 Juin 1986.
- ISRA/ORSTOM, 1988. Mise en valeur des mangroves au Sénégal, contrat CEE TSD A 104 (MR), rapport final, 64p.
- LE BRUSQ J.Y., LOYER J.Y., MOUGENOT B., CARN M., 1987. Nouvelles paragenèses à sulfate d'Aluminium, de Fer et de Magnésium et leur distribution dans les sols sulfatés acides du Sénégal, Science du Sol, 25 (3), 173-184.
- LE PRIOL J., 1983. Synthèse hydrogéologique de la basse Casamance Ministère de l'hydraulique, Dakar.
- LOYER J.Y., BOIVIN P., LE BRUSQ J.Y., ZANTE P., 1986. Les sols du domaine fluviomarain de Casamance: évolution récente et réévaluation des contraintes majeures pour leur mise en valeur, IIIe Symposium International AISS sur les Sols Sulfatés Acides, Dakar, 1986.
- PAGES J., BADIANE S., DEBENAY J.P., DIOUF P.S., LEBOUTEILLER C., 1986. Les mécanismes de production dans l'estuaire de la casamance, ISRA-département de recherche sur les productions halieutiques et l'océanographie.
- SAOS J.L., DACOSTA H., 1987. Evolution hydrologique d'un bassin versant margino-littoral : le marigot de Baïla (basse Casamance), Equipe Pluridisciplinaire d'Etude des Ecosystèmes Côtiers, rapport final, pp 59-76, Université Cheikh Anta Diop, Dakar.
- USAID/SOMIVAC/ISRA, 1985. Actes de la IIème Table Ronde sur les barrages anti-sel, 12-15 juin 1985, Ziguinchor.
- VIEILLEFON, J., 1974. Les sols de mangrove et de tannes de basse Casamance, mémoire ORSTOM, Paris.
- ZANTE P., LE BRUSQ J.Y., MONTOROI J.P., 1987. Mise en valeur des mangroves au Sénégal, sites d'étude de Koubalan et Djiguinoum, rapport de campagne 1986. 55p, Multigr. ORSTOM Dakar.
- ZANTE P., 1987. Mise en valeur des mangroves au Sénégal, vallée des Kalounayes, site d'étude de Koubalan. Comportement hydrique dessous de la séquence au cours de la saison 1984-1985, 79p, Multigr. ORSTOM Dakar.

F I G U R E S

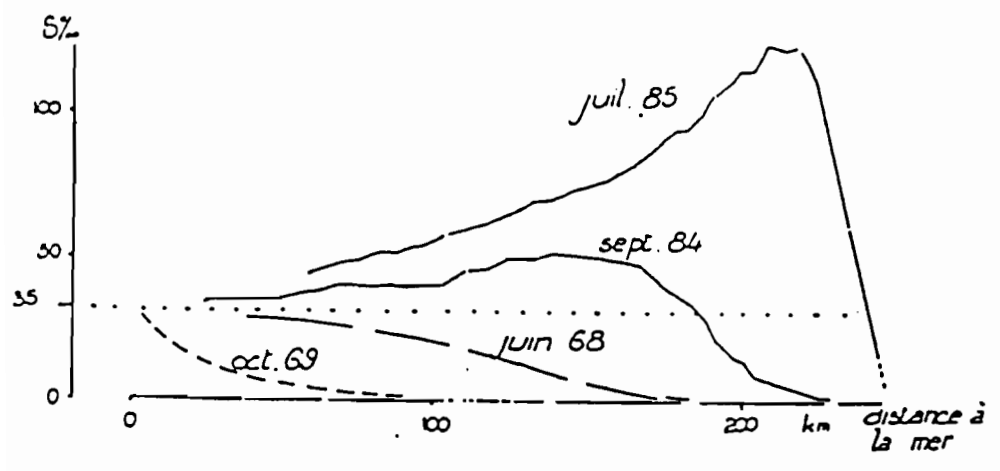
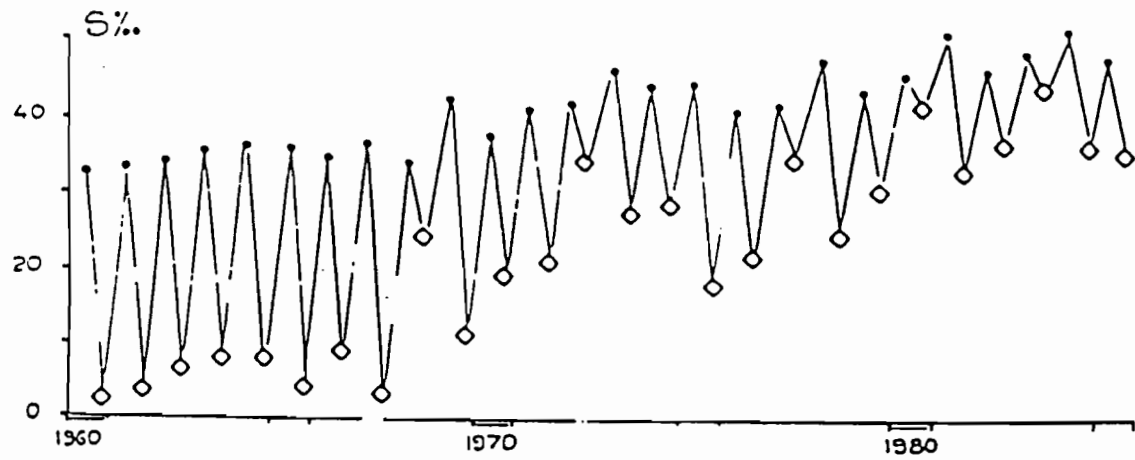


Fig: 1 AUGMENTATION DE LA SALINITE DE LA CASAMANCE d'après PAGES et al. 1986

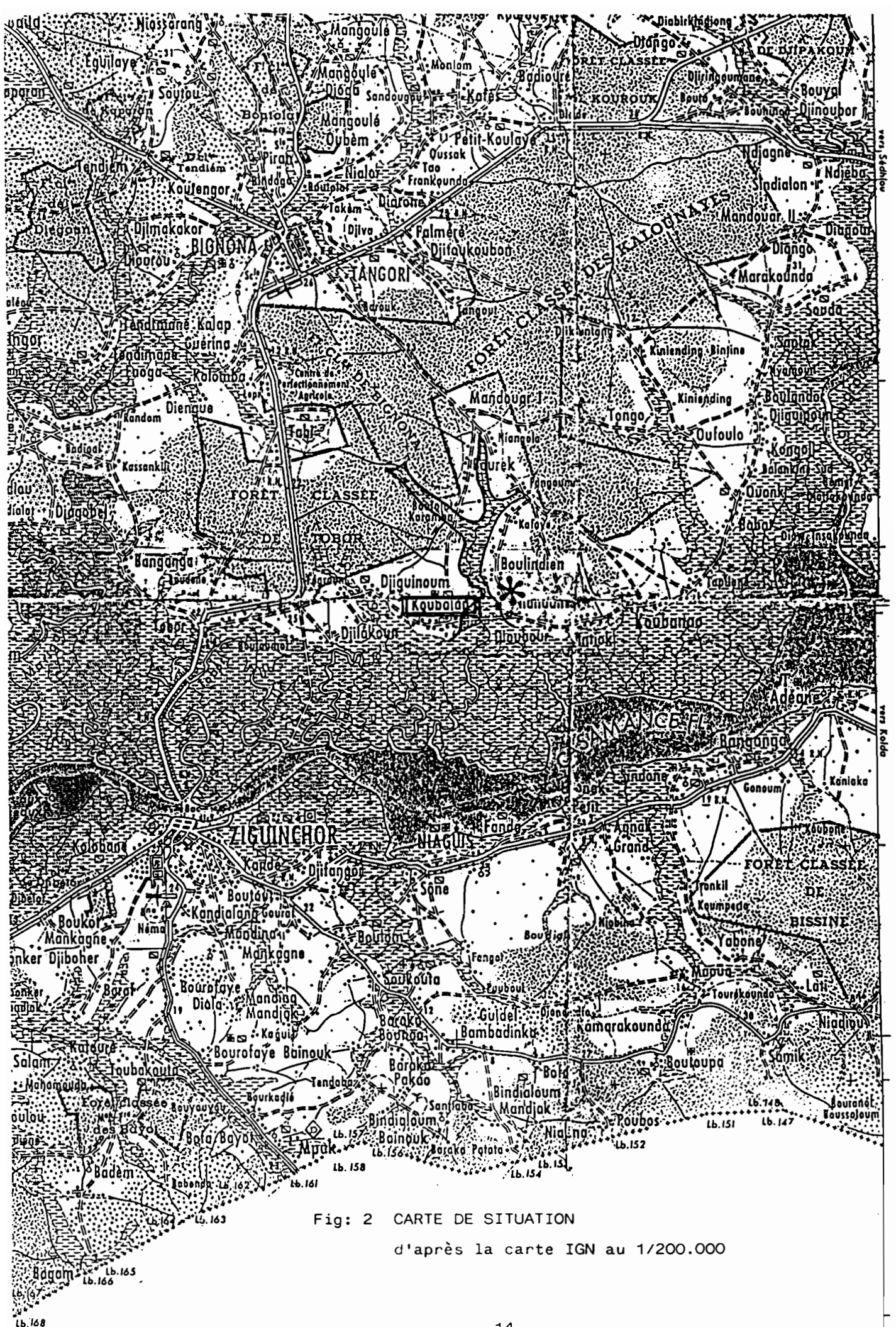
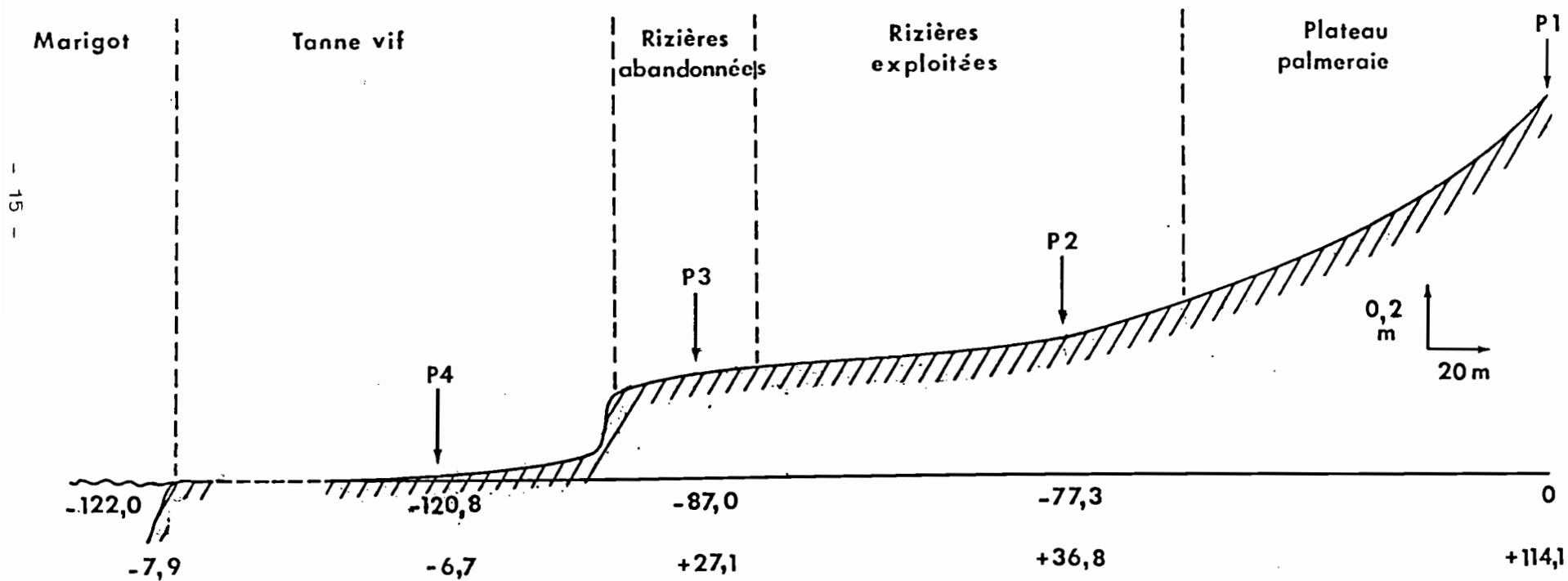


Fig: 2 CARTE DE SITUATION
d'après la carte IGN au 1/200.000

Fig:3 KOUBALAN — PROFIL TOPOGRAPHIQUE DE LA SÉQUENCE DE KOUBALAN
d'après P. ZANTE 1987



- P1
- P2
- P3
- △- P4

Fig 4- KOUBALAN — VARIATIONS DU NIVEAU DE LA NAPPE 1984 - 1985
d'après P. ZANTE et al 1986

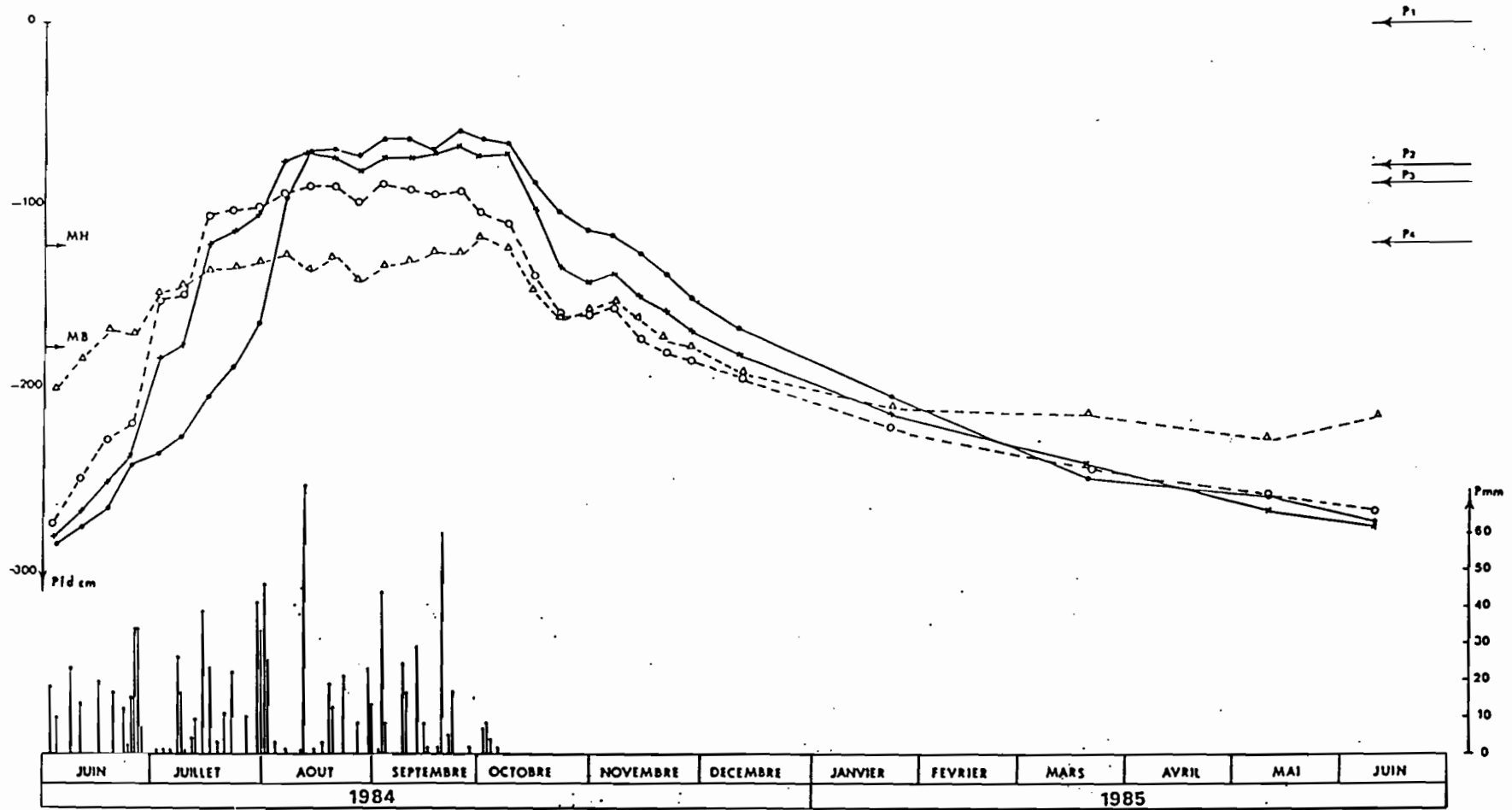


Fig 5: KOUBALAN — INVERSION DE CHARGE DE LA NAPPE EN DÉBUT D'HIVERNAGE 1984-1985
d'après P. ZANTE et al. 1986

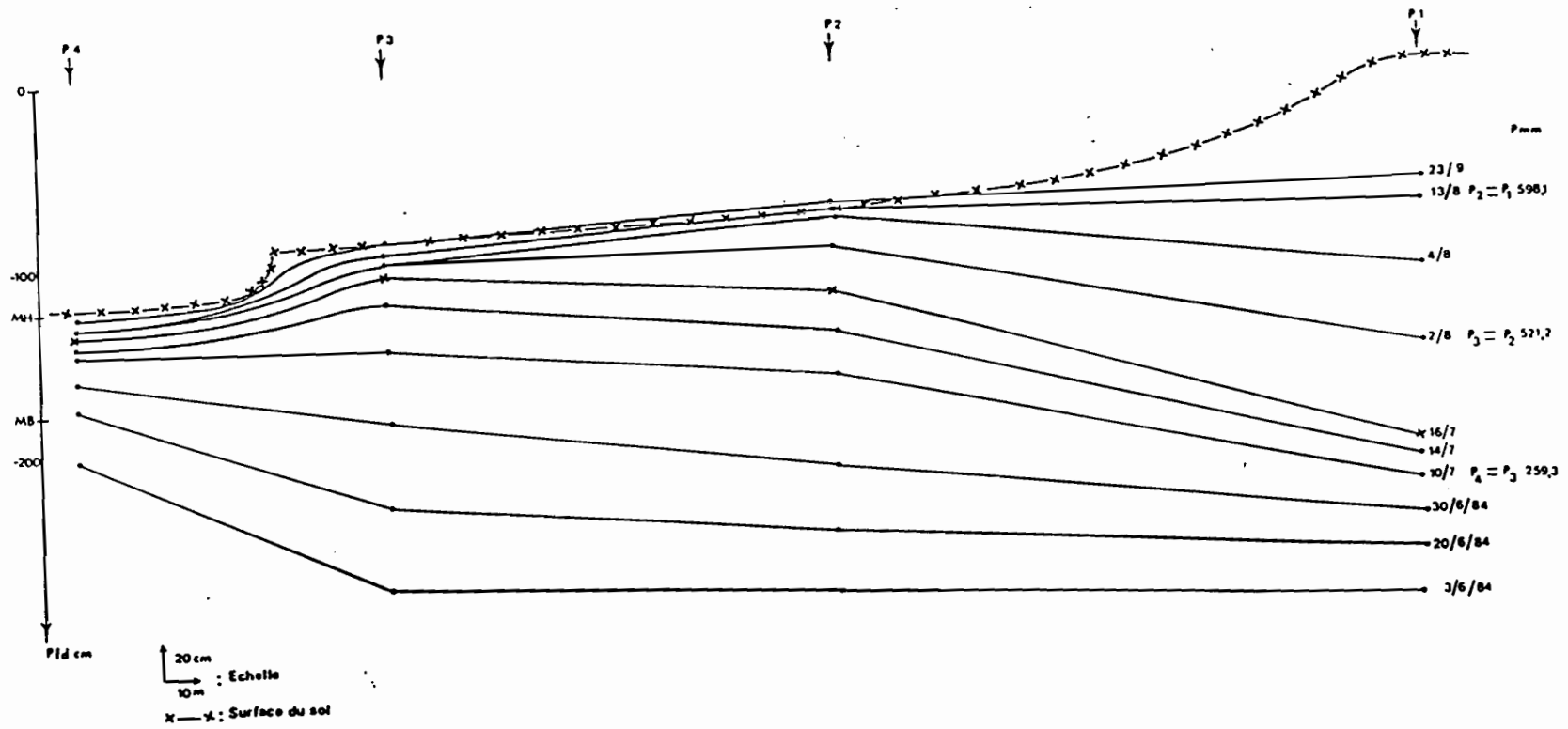


Fig 6: KOUBALAN — INVERSION DE CHARGE DE LA NAPPE EN FIN D'HIVERNAGE 1984 _1985
d'après P. ZANTE et al. 1986

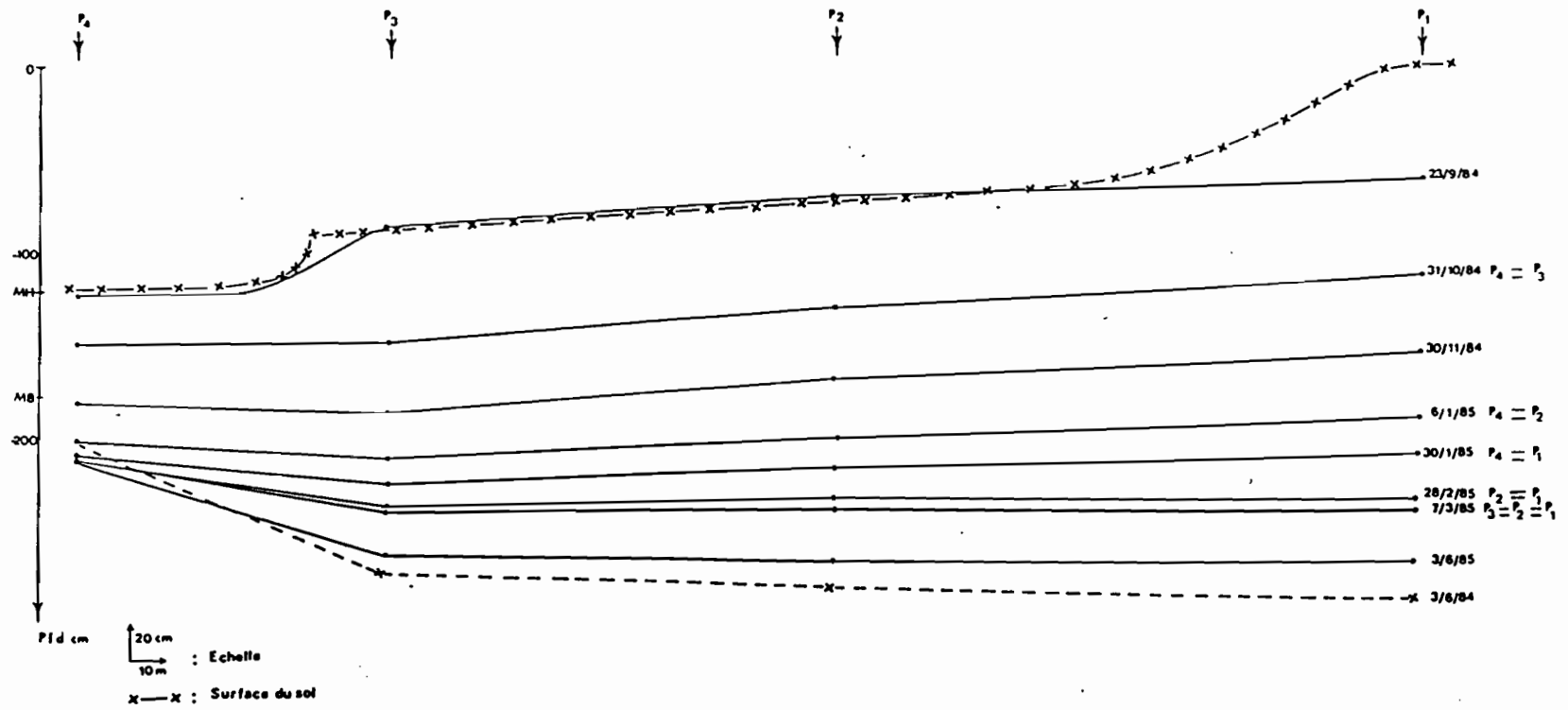


Fig. 7. Recharge de la nappe entre Juin et Novembre 1987 (d'après SAOS et DACOSTA, 1987)

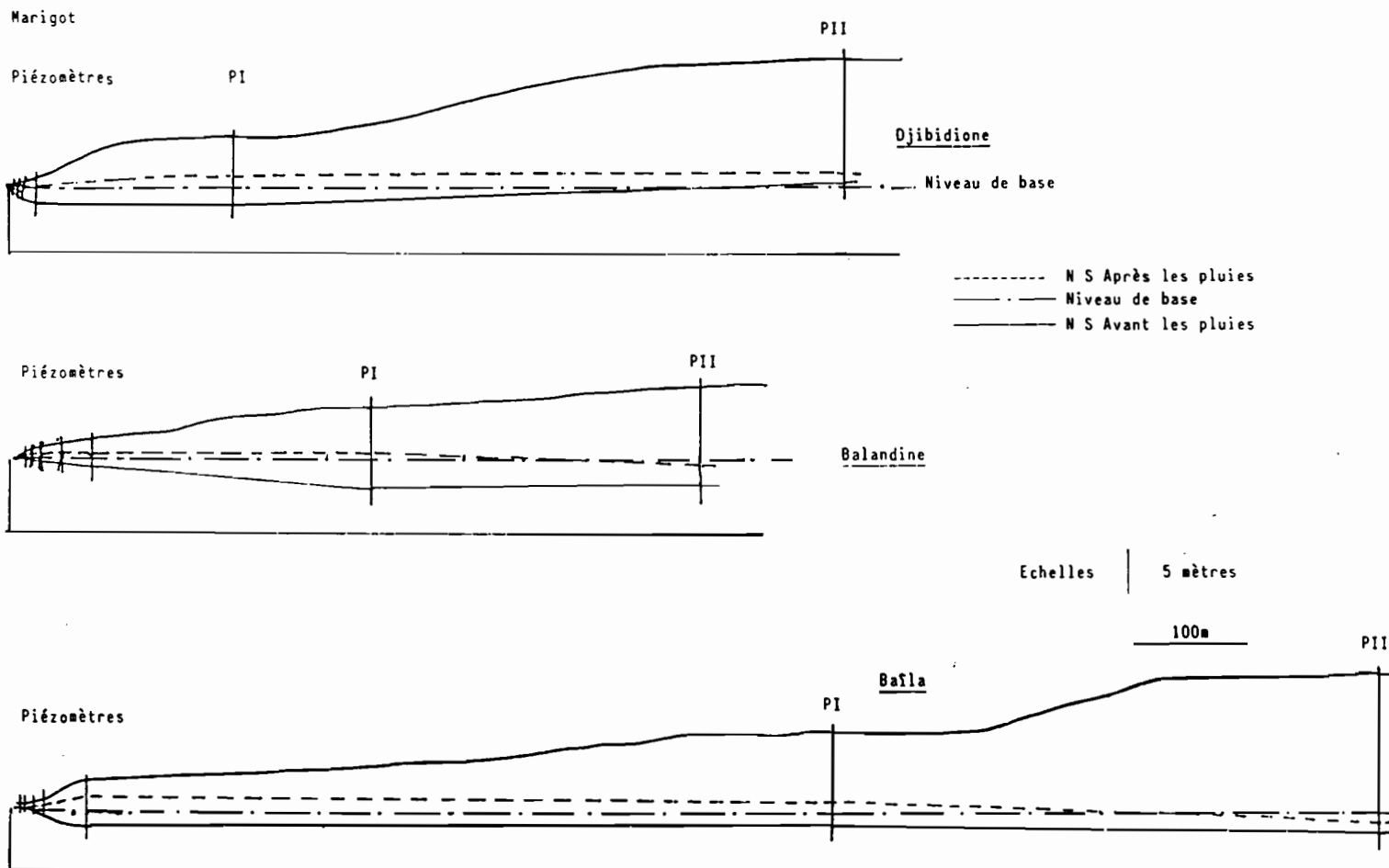


Fig. 8. Koubalan : Infiltration (d'après P. ZANTE, 1987)

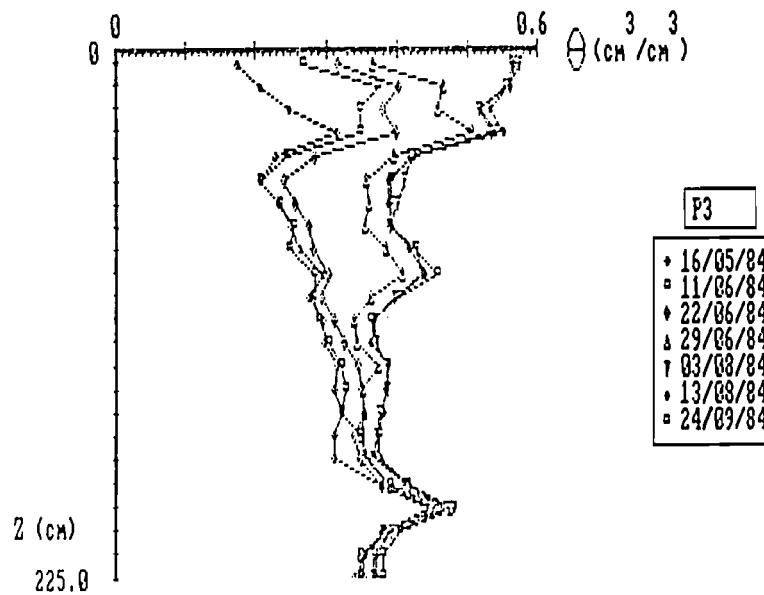
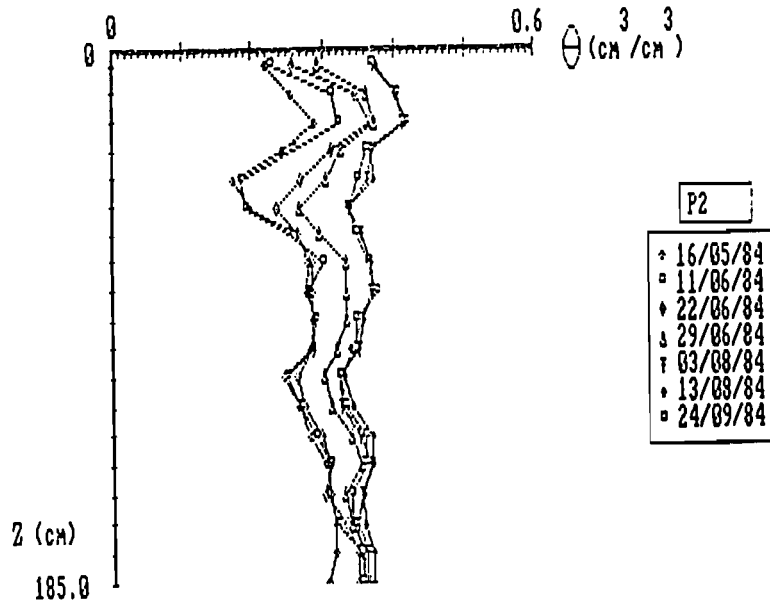
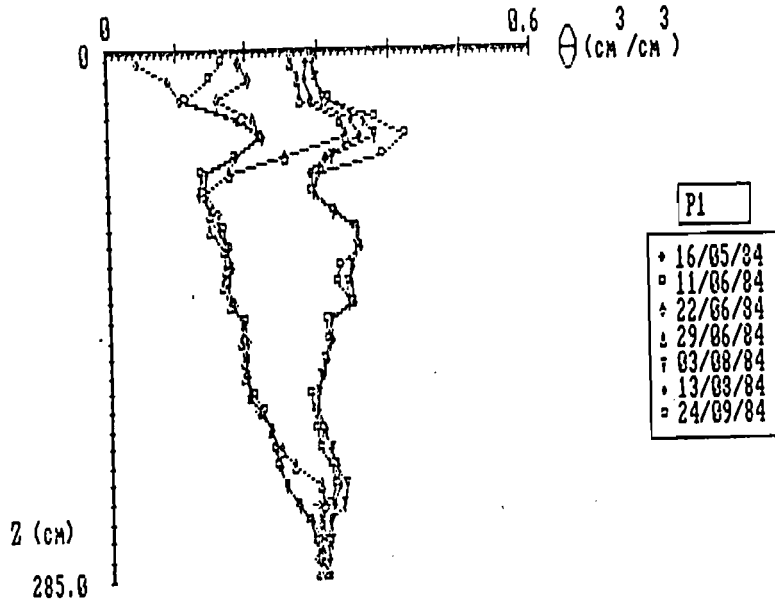


Fig. 9. Koubalan : Infiltration(d'après P. ZANTE, 1987)

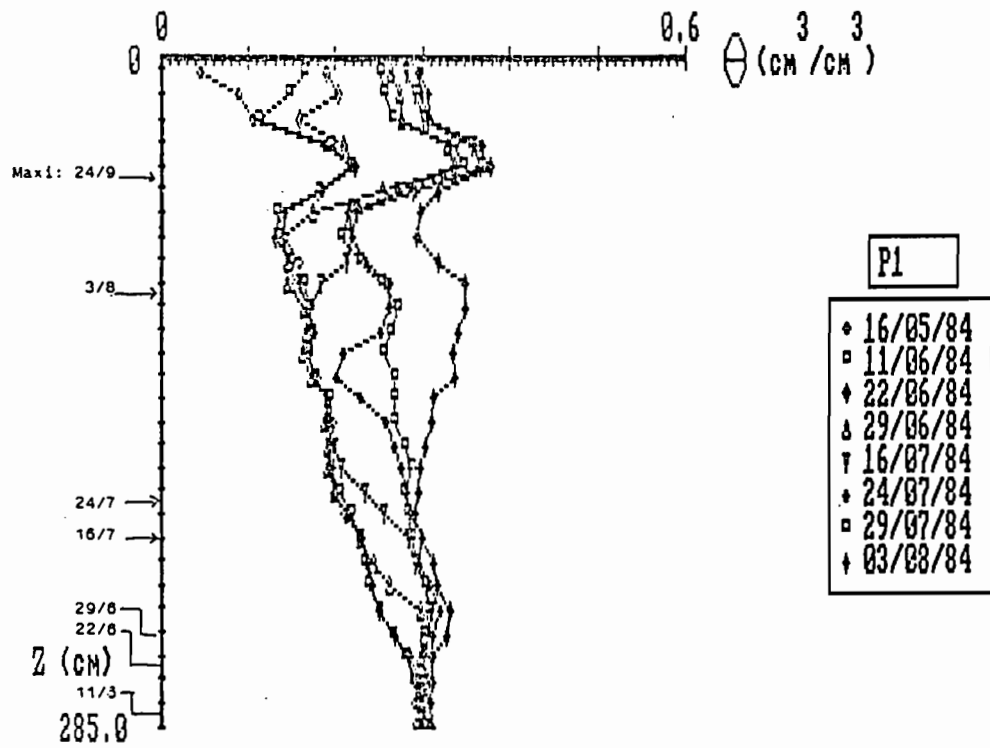


Fig. 10. VARIATION DE LA NAPPE SUPERFICIELLE

