

620



Troisième symposium international sur les
SOLS SULFATES ACIDES

(DAKAR, Sénégal - du 6 au 11 Janvier 1986)

organisé par

La Direction des Recherches Agricoles et Agro-industrielles
de la République du Sénégal.

en collaboration avec

Le groupe de travail pour les sols sulfaté-acides
de l'Association Internationale de la Science du Sol.

Livret guide de l'excursion sur la vallée de KOUBALAN
en Basse Casamance (14 Janvier 1986).

ORSTOM DAKAR - Unité de Recherche B12.

P. BOIVIN
J.Y. LE BRUSQ
J.Y. LOYER
B. MOUGENOT
M. PERAUDEAU
P. ZANTE

Pédologue
Pédologue
Pédologue
Pédologue
Hydrologue
Pédologue



010016263

Fonds Documentaire ORSTOM

Cote: B*16263 Ex: 1

Introduction.

La vallée de KOUBALAN se situe sur la rive Nord du fleuve Casamance, au Sud de Bignona, dans la forêt des Kalounayes. Le marigot de Koubalan rejoint la Casamance un peu en amont de Ziguinchor. Il est donc soumis au régime des marées au même titre que les autres marigots associés à la Casamance.

L'ORSTOM intervient depuis 1982 sur ce site, date à laquelle une cartographie des zones rizicoles a été effectuée. Les études réalisées concernent d'une part la caractérisation du milieu pédologique, d'autre part l'acquisition de connaissances sur l'évolution intrasaisonnière de ce dernier. Notre travail se situe dans le contexte de sécheresse que connaît actuellement le Sénégal, et vise à en évaluer les effets sur le milieu fluvio-marin, dans l'espoir de formuler, pour un milieu naturel en cours de transformation, de nouvelles recommandations en matière d'aménagement.

1) Caractérisation du milieu.

a) Etude cartographique.

Cette étude a été entreprise en 1982 sur demande de la Direction de l'équipement. Elle devait estimer la factibilité rizicole de la vallée de façon à orienter le choix d'un type d'aménagement. (BOIVIN et LE BRUSQ 1983).

Les conclusions majeures de cette étude sont les suivantes:

- La sursalure est générale sur l'ensemble de la vallée, marigot, sols et nappes, dépassant dans ces dernières deux fois la concentration de l'eau de mer. Cette sursalure affecte également les rizières des terrasses latérales et la palmeraie.

- L'acidification des sols y est générale: le pH "in situ" dépasse rarement 4, il est plus fréquemment proche de 3. La plupart des sols contiennent de la Jarosite (voir le profil K60 en tableau). Mais outre ce minéral, on rencontre également par endroit des sulfates hydroxylés d'aluminium tels que Alunite et Tamarugite. Les conditions du milieu sont alors extrêmes (pH de 2 à 3, abondance d'aluminium et de sulfate dans l'extrait de sol, rapport chlorures/sulfates inférieur à 1). Les conditions de la genèse de ces sites n'ont pas encore été précisées et sont à l'étude. (Voir le profil K42.)

- Cette situation correspond à une évolution récente, commencée en 1968 au début de la sécheresse. Une étude réalisée en 1979 par MARIUS et CHEVAL dresse les limites des différents ensembles pédologiques de la vallée de Koubalan en 1969. Comparée à l'étude effectuée en 1982-1983, on note l'évolution suivante:

Pourcentage de la superficie	Mangrove	Tannes vifs	Rizières douces Tannes herbeux
1969	34%	13%	53%
1983	16%	60%	24%

Les conclusions que nous tirons de cette étude en matière d'aménagement seront développées ci-après.

b) Profils types.

Cf. description et analyses en annexe.

c) Etude de la variabilité spatiale.

Une étude systématique de la variabilité spatiale des sols sulfatés acides a été entreprise. Cette étude fait appel aux techniques de la géostatistique. Les résultats actuellement acquis portent sur la variabilité spatiale du pH, de la conductivité électrique sur extrait de sol, de l'humidité pondérale et de la résistivité du sol mesurée sur sonde quadripôle.

Les résultats sont présentés dans la communication de P. BOIVIN. Globalement, on peut retenir que le pH, mesuré in situ ou au laboratoire, apparaît toujours comme une variable structurée, c'est à dire que les points de mesure sont autocorrélés spatialement sur de grandes distances, non indépendants. D'autre part il apparaît que la mesure de la conductivité sur extrait de sol se comporte différemment et semble très liée à l'humidité pondérale du sol. Cette donnée rend très problématique l'interprétation de variations de la conductivité sur extrait de sol, en l'absence de connaissance de l'humidité pondérale et/ou de la densité apparente.

2) Evolution intrasaisonnière du milieu.

Un site d'étude ayant été choisi, (séquence P1-P4 de Koubalan), un certain nombre de mesures ont été effectuées de façon systématique à l'aide des appareillages suivants:

- Une séquence de piézomètres, tubes de sonde à neutrons, pluviomètres.

- Une station manuelle de lecture du pH et du potentiel d'oxydo-réduction du sol, avec capteurs permanents dans le sol.

- Une station automatique de lecture du pH, pNa, Eh et température des eaux de surface.

- Une centrale automatique d'acquisition de données limnimétriques et conductivimétriques. (centrale Chloé; ORSTOM-ELSYDE).

a) Variations du niveau et de la qualité des nappes. (P. ZANTE).

Un suivi régulier des variations du niveau et de la qualité de la nappe a été effectué à partir du deuxième semestre 1984 sur les quatre piézomètres de la séquence.

* Niveaux piézométriques :

- En saison sèche, le niveau de la nappe du tanne vif est plus élevé que celui de la nappe de la terrasse. On a donc un écoulement d'eau du marigot vers la terrasse, que met en évidence la progression du front de salure.

-Fin Juillet, alors qu'il est tombé 456.8mm de pluies, le sens d'écoulement s'inverse et ce jusqu'en mi-Janvier. Mais dès la fin des pluies (Octobre), la nappe de la terrasse s'abaisse rapidement pour se stabiliser un peu au dessus de celle du tanne jusqu'à la mi-Janvier, laissant supposer des écoulements faibles.

* Salinité :

La salinité de l'eau de la nappe du tanne reste élevée jusqu'en début Septembre (80-95 ms/cm), puis elle tombe rapidement à environ 20ms/cm pour remonter lentement à 80ms/cm en Janvier. Par contre, la salinité de l'eau des nappes de la terrasse et de la palmeraie reste faible toute l'année (0.2 à 3ms/cm), avec une variation de 30 à 50ms/cm dans la zone de contact entre la terrasse et le tanne vif.

-En 1985, malgré un hivernage plus favorable que les précédents (mais restant inférieur à la moyenne antérieure à 1968), le dessalement des eaux de surface n'a été que très relatif et surtout, la salinité a réatteint un niveau équivalent à celui de la saison sèche précédente trois semaines après les dernières pluies, plus rapidement que lors des hivernages 83 et 84. Ceci doit relativiser l'optimisme de certains et attirer l'attention sur les stocks considérables de sels présents au niveau des nappes et des sols. Dans l'hypothèse d'un retour à la normale pluviométrique ou d'un aménagement anti-sel, ces phénomènes resteront autant d'obstacles à surmonter.

b) Une station de mesure in situ du pH et du Eh du sol
(J.Y. LE BRUSQ et P. ZANTE)

Le suivi de l'évolution d'un sol pendant plusieurs mois peut être effectué de plusieurs façons :

-On prélève à intervalle de temps régulier des échantillons, qui sont ensuite analysés au laboratoire, ou juste après prélèvement sur le terrain. Compte tenu de l'hétérogénéité spatiale, ces échantillons doivent être nombreux et risquent d'être perturbés par le prélèvement.

-On implante en permanence, en un site donné, les électrodes de mesure. Après quelques semaines, la perturbation initiale du milieu est estompée. Mais les observations effectuées ne concernent qu'un site.

C'est cette seconde méthode que nous avons retenue pour le suivi du pH et du Eh d'un sol sulfaté acide à Jarosite, pendant une saison des pluies, en Casamance.

Problèmes méthodologiques.

1) Corrosion des contacts : Lors d'un premier essai, les électrodes seules étaient implantées en permanence, le millivoltmètre était apporté et branché au moment des mesures. En raison de l'humidité ambiante, les contacts électriques se sont rapidement oxydés, et les mesures dérivèrent pendant plusieurs

heures après branchement. Aussi avons-nous opté pour la solution suivante : le millivoltmètre (Bioblock Scientific 93301) et un contacteur à 4 positions, permettant de choisir l'électrode de mesure, sont enfermés dans un boîtier étanche en plexiglass. Les électrodes sont connectées en permanence au boîtier par des prises étanches. Aucune dérive notable des mesures n'a été observée avec ce type de branchement.

2) Positionnement des ponts salins : Des ponts salins doivent relier l'électrode de référence au calomel, placée en surface, aux sites de mesure, placés à 30 et 60 cm de profondeur dans le sol. Une expérience de laboratoire nous avait montré qu'en présence de couches de sol de salinités différentes, les mesures pouvaient différer de 18 mV selon le positionnement de l'extrémité du pont salin. Ce cas de figure risquait de se présenter ici. Aussi avons nous placé deux ponts salins, se terminant par des mèches d'amiante, à 30 et 60 cm de profondeur. Toutes les mesures ont été effectuées alternativement avec les deux ponts salins, pour chaque électrode. Aucune différence supérieure à 2 mV n'est apparue selon le pont salin utilisé. Un seul pont salin se terminant entre 30 et 60 cm de profondeur aurait donc suffi.

Résultats préliminaires.

Au cours de la saison des pluies 1985 (Juillet - Octobre), une légère augmentation du pH, de 2.8 à 3.2, a été notée entre Juillet et fin Septembre, à 30 cm de profondeur. (Fig 2). Le pH est resté stable à 60 cm, à des valeurs de 3-3,1. (fig 3). Les plus fortes variations ont concerné le Eh mesuré à 30 cm (fig 4) celui-ci a chuté de 600 à 0 mV entre Juillet, et fin Août. En Septembre et Octobre il est remonté progressivement à 600 mV. Mais le plus surprenant a été les variations journalières observées : le Eh croissait régulièrement du matin (0-100 mV) au soir (300-400 mV), pour redescendre durant la nuit. Après la fin de la période d'inondation sous quelques centimètres d'eau, (Juillet - Septembre), le cycle de variation journalier s'est peu à peu amorti.

A 60 cm, le Eh est resté stable, vers -200 mV, et a commencé à remonter fin Octobre. (fig 5)

Ces résultats devront être confirmés par une seconde campagne de mesures.

c) Dispositif de mesure automatique des paramètres des eaux de surface. (J.Y. LOYER et M. PERAUDEAU.)

Le dispositif de mesures automatiques et d'enregistrement a été conçu et mis en place sur le marigot de Koubalan dans le but de suivre l'évolution de certains paramètres des eaux de surface d'une vallée fluvio-marine en domaine sulfaté acide et salé de Basse Casamance, soumise à la double influence des marées et des eaux de ruissellement du bassin versant. Les différents capteurs spécifiques ont permis la mesure "in situ" du pH, de l'activité du Sodium, de la température et du potentiel redox selon une programmation continue ou calée sur le cycle des marées. Le dispositif, couplé à une centrale de mesure limnimétrique

installée sur le marigot de Koubalan depuis Juillet 85, devrait permettre d'établir le bilan des eaux et du sel à la sortie du bassin versant salé et sulfaté, en continu et en particulier au cours de la saison pluvieuse. (Dépouillement en cours.)

Les paramètres enregistrés au niveau des eaux de surface au cours de la saison des pluies 1985 montrent :

- Que le pH des eaux ne subit aucune variation significative au cours du temps (pH=7.6) et montre seulement des oscillations quotidiennes en relation avec la photosynthèse.

- Que l'activité du Sodium dans les eaux diminue au cours de la saison des pluies de pNa 0 à pNa 1 en moyenne, et que les plus importantes variations sont très bien corrélées avec les fortes averses. Les oscillations quotidiennes sont en phase avec la marée: variations de concentrations de 770 à 850 me/l de Sodium entre les basses eaux et les hautes eaux le 25-7-85 (début de saison des pluies.).

3) Recommandations en matière d'aménagement.

Les différents éléments que nous avons réunis sur l'état d'acidification de la vallée d'une part, sur son état de sursalure et sur la progression de cette dernière d'autre part, nous conduisent aux conclusions suivantes :

- L'acidité potentielle est quasi inexistante dans cette vallée. Le stade potentiellement sulfaté acide étant très peu représenté, il ne représente pas la contrainte majeure à prendre en compte en matière d'aménagement. Les recommandations, classiques en domaine de mangrove, de ne pas poldériser les sols, sont donc ici inadéquates.

- L'état de sursalure de la vallée et la rapide propagation de cette dernière représentent à bien des égards un phénomène dramatique. Une action visant à bloquer la progression des sels et à réhabiliter les terres sursalées est donc urgente.

Ces conclusions peuvent probablement être appliquées à de nombreux sites de la Basse Casamance, si l'on en croit les documents cartographiques récents concernant cette région.

Pratiquement, le principe d'aménagement proposé serait le suivant :

- Barrage de la vallée au niveau de la piste Koubalan-Koubanao. Le barrage pourra être une digue classique telle que celles construites par le PIDAC.

- Assainissement de la vallée par drainage et pompage des eaux salées.

Il faut néanmoins préciser :

- Que nous ne prétendons pas discuter ici de la rentabilité d'un tel projet, ceci dépassant nos compétences. De nombreux points doivent être pris en compte, notamment le facteur humain.

- Qu'une politique d'amendement des sols sulfatés acides est à définir.

- Que l'implantation d'un réseau de drainage doit se baser sur des études qui restent à effectuer.

Nos recommandations se situent dans le contexte de sécheresse actuel. Nous pensons que la progression de la salure est un phénomène dramatique qui appelle une action. L'aménagement des têtes de bassins versants qui se trouvent dans une situation proche de celle de la vallée de Koubalan est une nécessité. La vallée de Koubalan est actuellement très peu productive en regard des potentialités traditionnelles des milieux de mangrove. De plus la poldérisation de ce type de vallée, en supprimant les zones évaporatoires privilégiées où se concentrent les sels, améliorerait le bilan salin de l'ensemble de la Casamance. Une action favorable sur les activités traditionnelles telles que pisciculture et ostréiculture n'est donc pas exclue.

La rentabilité économique de tels projets est certainement très délicate à établir, tant sont nombreux les aspects à prendre en compte:

-Facteurs humains (population présente, impact de l'exode rural sur la main d'oeuvre disponible etc..)

-Facteurs écologiques : comment se chiffrent réellement les dégâts dus aux sels, et notamment ne doit-on pas prendre en compte les dégradations subies par le plateau, celui-ci devant faire face, suite à l'abandon des rizières, à une importante pression anthropique ?

Ce problème d'évaluation est sans doute ici la difficulté majeure pour l'aménagiste.

ANNEXES ET FIGURES

Profil K 60-Description:

Situation: Tanne vif, croûte de chlorure de Sodium en surface, le profil est situé à mi-chemin entre le marigot et les rizières douces.

De 0 à 6 cm Horizon brun-gris non taché et frais. Argileux à structure polyédrique. Fentes de dessiccation.

De 6 à 26 cm Horizon argileux gris clair, à structure polyédrique fine. Porosité moyenne en fins tubules. Taches ocre-jaune et ocre-rouille sur d'anciens conduits racinaires. Quelques taches rouge vif et filets de Jarosite.

De 26 à 90 cm Horizon argileux et saturé gris beige moyen, à consistance de beurre. Jarosite abondante dans d'anciens conduits racinaires. Importante porosité tubulaire.

De 90 à 105 cm Horizon gris foncé, sablo argileux, engorgé. Contient des fibres brunes en décomposition et de nombreux gravillons de couleur grise.

De 105 à 130 Gris clair et sablo-argileux, nombreux gravillons et forte odeur de H₂S.

pH à 30 : 3 ; à 60 : 3.4 ; à 90 : 4.2

Nappe à 90 cm; pH=4.2

Tableau : P R O F I L K 60

Profondeur en cm	0 - 6	6-25	25-90	90-110	110-130
------------------	-------	------	-------	--------	---------

ANALYSE MÉCANIQUE

Argile %	44	58,4	60,5	25,9	10,1
Limon fin %	57,2	16,4	17	12,7	10,7
Limon grossier %	12	7,1	5,2	4,6	6,6
Sable fin %	34	13,1	11,2	24,1	50,8
Sable grossier %	2,3	0,8	1,4	29,7	19,8
Humidité	3,4	3,9	3,8	2,2	1,1
Total	99,3	99,7	99,1	99,2	99,1

MATIÈRE ORGANIQUE - SOUFRE - PHOSPHORE - pH

Carbone %	6,92	3,81	9,07	8,74	3
Azote %	0,46	0,38			
C/N	15	10			
P ₂ O ₅ total %	0,43	0,3			
P ₂ O ₅ assimilable %	0,01	0,01			
S. total %	16,62	14,57	20,08	32,86	11,12
pH 1/2,5 eau	5,1	3,5	3,4	3,1	3,7
pH 1/2,5 KCl	4,8	3,3	3,2	2,9	3,4

CAPACITÉ D'ÉCHANGE

C.E.C. mé/100.g	12,9	16,2	17,2		
-----------------	------	------	------	--	--

SELS SOLUBLES - EXTRAITS 1/2,5

Conductivité	19,5	19,5	20,5	11	5,5
pH	5,3	3,9	3,3	3	3,7
Calcium	4,31	3,5	3,81	2,62	1,5
Magnésium	35	33,75	28	15,5	6,7
Potassium	3,12	2,31	2,81	1,62	1,12
Sodium	162	164	168,8	79	41,25
Fer			0,047	2,14	0,29
Acidité totale	-	0,72	1,3	2	0,86
Cl	180	186,3	191,3	91,5	45,5
SO ₄	28,96	18,51	16,97	15,77	6,68

Profil K42 Description.

Situation : tanne viv, en bordure de terrasse sableuse enherbée.

Aspect de surface: nombreux granules blancs au goût acide. Aux rayons X, on détermine essentiellement de la TAMARUGITE ainsi qu'un peu de Halite.

0-25 : Horizon gris foncé sablo argileux à sable fin. Massif et sec. Bonne porosité tubulaire. Racines mortes peu importantes. Quelques-unes gainées de rouille.

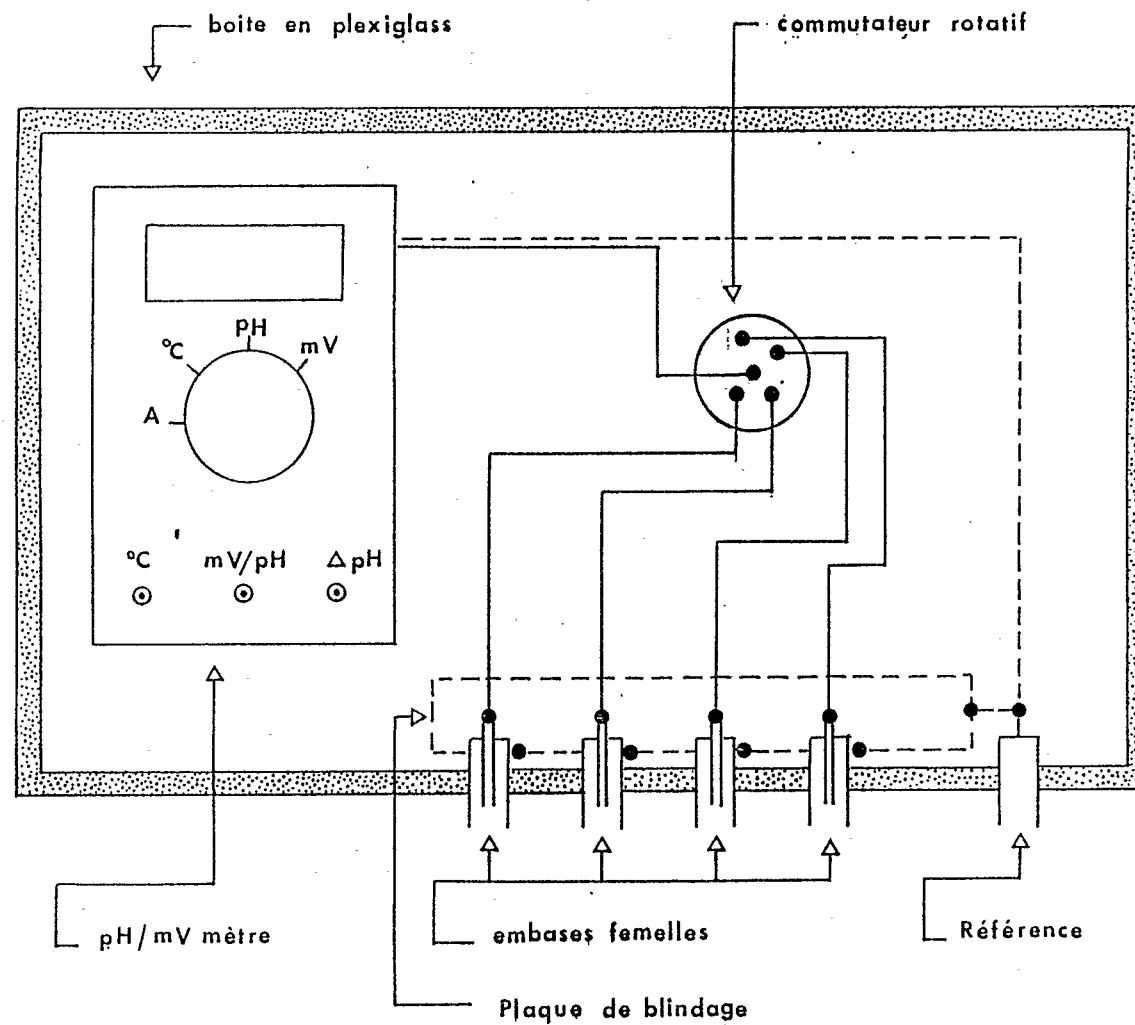
25-65 : Sable frais à humide gris clair à blanc avec de très nombreuses taches ocre. Structure particulière.

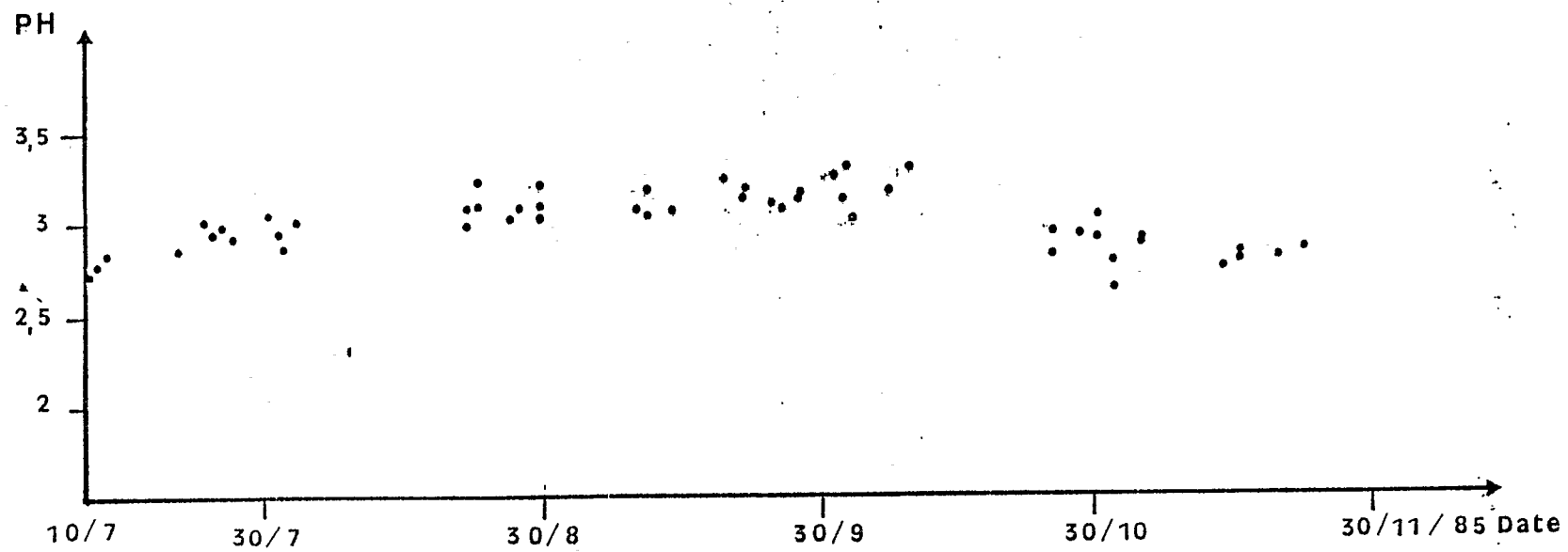
65-105 : Argilo-sableux et humide, de couleur gris. Structure polyédrique peu nette. Jarosite dans la macroporosité.

105-125 : Horizon argileux saturé, gris moyen. Contient un peu de Jarosite et des débris végétaux en décomposition. Consistance de beurre.

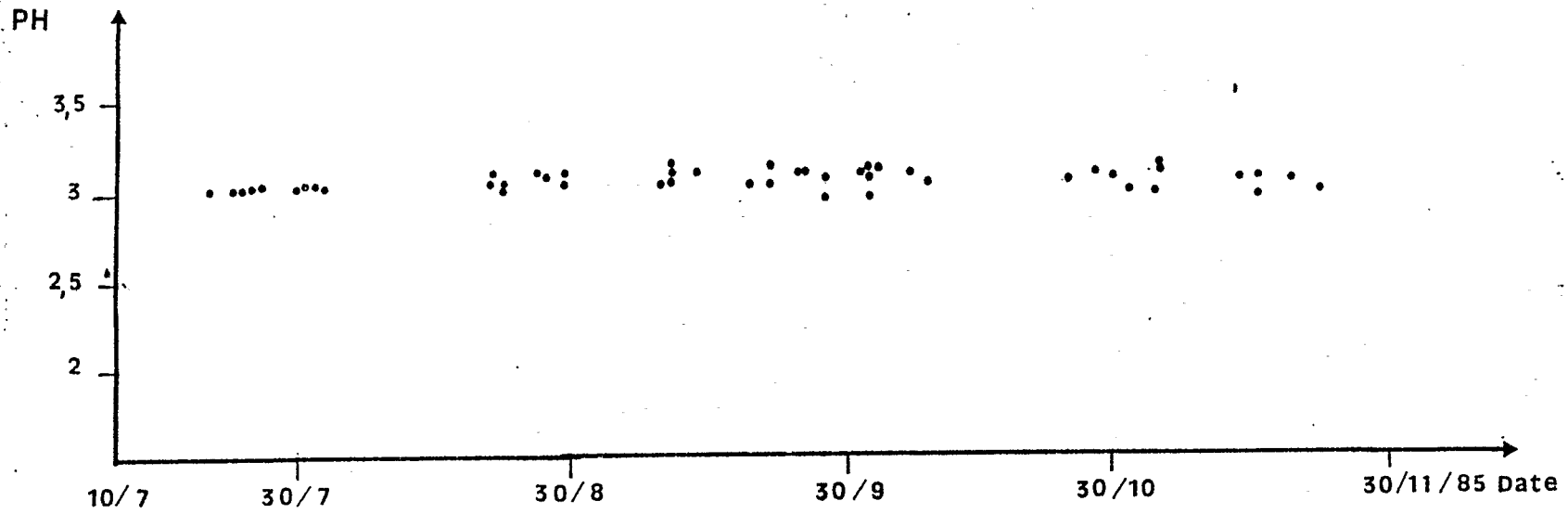
Nappe à 125. pH=2.9 .Ec = 7.9 ms/cm. Cl--=29.5 me/l .
SO4-- =75.7me/l Al2O3:270 mg/l.

STATION DE MESURE DU PH ET DE LA
CONDUCTIVITE IN SITU

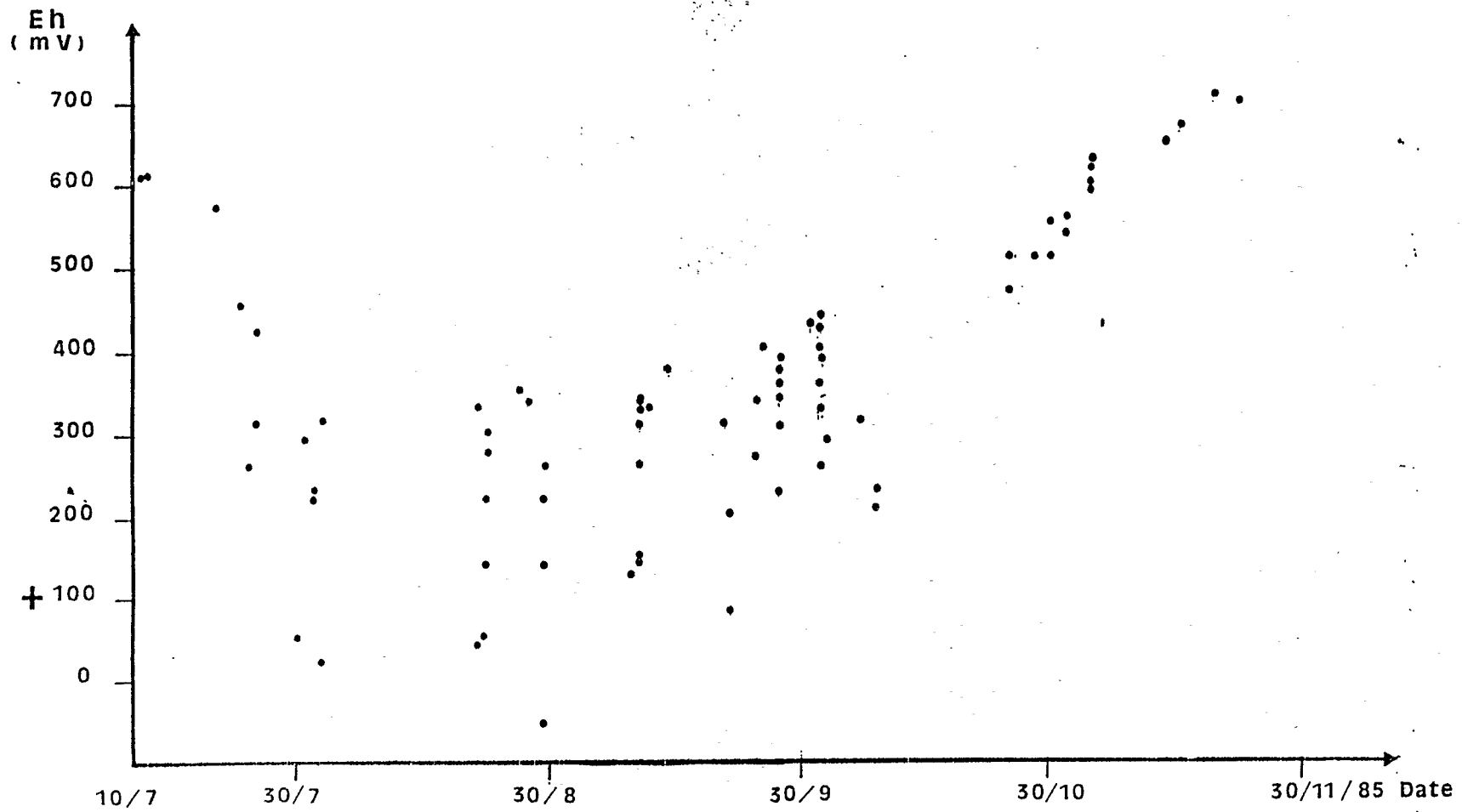




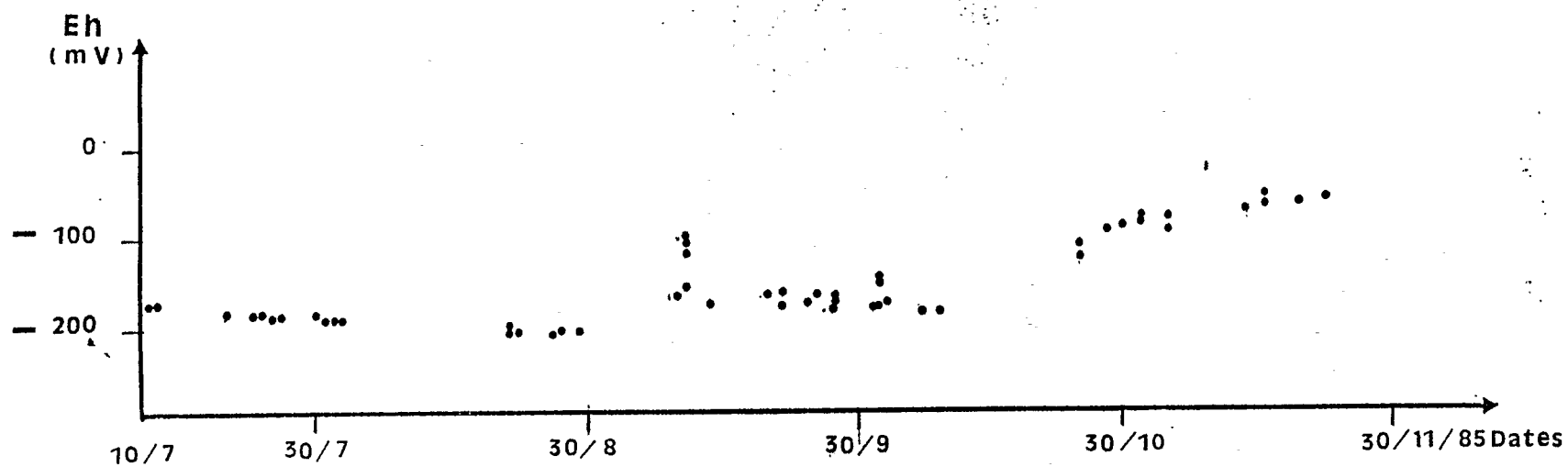
1 Mesures du pH à 30 cm de profondeur



2 Mesures du pH à 60 cm de profondeur



3 Mesures du Eh à 30 cm de profondeur



4 Mesures du Eh à 60 cm de profondeur