

DÉLÉGATION GÉNÉRALE
A LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE
- D.G.R.S.T. -

MINISTÈRE DU PLAN
DE LA RÉPUBLIQUE
DE HAUTE-VOLTA

Office de la Recherche
Scientifique et Technique
Outre-Mer
- O.R.S.T.O.M. -

Groupement d'Études et de Recherches
pour le Développement de
l'Agronomie Tropicale
- G.E.R.D.A.T. -

Institut d'Élevage et de
Médecine Vétérinaire
des Pays Tropicaux
- I.E.M.V.T. -

Centre Technique Forestier Tropical
- C.T.F.T. -

Université Paris VII
Laboratoire de Géographie physique
U.E.R. de Géographie et
Sciences de la Société

Centre National
de la Recherche Scientifique
- C.N.R.S. -

Centre d'Études Phytosociologiques
et Écologiques
Louis EMBERGER de Montpellier
- C.E.P.E. -

A.C.C. LUTTE CONTRE L'ARIDITÉ

DANS L'OUDALAN

(Haute-Volta)

LA RETENTION HYDRIQUE DES SOLS DU
BASSIN VERSANT DE LA MARE D'OURS
(HAUTE-VOLTA)

**I. Considérations sur la capacité
au champ de deux sols sableux.**

Marcel SICOT — Jean Pierre ZEGANADIN
ORSTOM — Agronomie

Novembre 1977

LA RETENTION HYDRIQUE DES SOLS DU BASSIN

VERSANT DE LA MARE D'OURS I

(HAUTE-VOLTA)

I. Considérations sur la capacité au champ
de deux sols sableux

Marcel SICOT

Jean-Pierre ZEGANADIN

Novembre 1977

SOMMAIRE

	Pages
Avertissement	1
<u>Introduction</u>	3
I - <u>Le milieu</u>	4
11 - Situation	4
12 - Le climat	4
121 - Les températures	5
122 - La pluviométrie	5
123 - Le bilan climatique atmosphérique	6
13 - Les sols	7
14 - La végétation	8
II - <u>Matériel et méthode</u>	9
III - <u>Résultats</u>	9
31 - Analyse des phénomènes	9
32 - Détermination de la capacité au champ	11
IV - <u>Discussion</u>	12
41 - Comportement de l'eau dans le sol, profils hydriques	12
411 - Comportement de l'eau dans le sol de piémont	12
412 - Comportement de l'eau dans le sol dunaire	13
42 - Bilan de l'eau	15
V - <u>Conclusion</u>	16
Bibliographie	18
Annexe	20

A V E R T I S S E M E N T

A la suite des catastrophes de 1968-1972, il est couramment admis que l'exploitation de la zone sahélienne doit être réorganisée, rationalisée pour faire face à la menace de retour de l'aridité.

Dans cette optique, la Délégation de la Recherche Scientifique et Technique française patronne depuis 1975, autour de la Mare d'Oursi (Haute-Volta), des recherches pluridisciplinaires visant à rassembler un référentiel de connaissances pour faciliter l'aménagement agro-sylvo-pastoral.

Parmi les nombreuses contributions de l'ORSTOM à cette action, on relève le programme "estimation des termes du bilan hydrique des sols" qui s'exécute en collaboration avec l' "étude du couvert et de la production de la strate herbacée".

Le but commun est l'élaboration d'un modèle fréquentiel de production primaire en milieu naturel.

Dans ce rapport est abordée la phase préliminaire des investigations sur le cycle de l'eau : la mesure de la capacité de rétention des sols en milieu sableux et l'analyse de sa signification par rapport aux caractéristiques texturales du profil pédologique.

Introduction

En zone sahélienne, les précipitations atmosphériques, déficitaires par rapport au pouvoir évaporant de l'air, sont irrégulièrement réparties en averses orageuses.

De plus, le ruissellement quasi général entraîne le transfert d'une part importante de l'eau disponible vers les bas-fonds.

Ces deux remarques mettent en évidence le rôle considérable joué par la réserve hydrique du sol, quant au déterminisme de la végétation et de la production primaire.

L'établissement du bilan hydrique requiert donc, au préalable, la connaissance des propriétés hydro-dynamiques des sols.

Celle-ci suppose de pouvoir :

- estimer les quantités d'eau maximales emmagasinables par les sols, c'est-à-dire leurs capacités au champ,
- d'explicitier leurs modalités d'humectation et de dessèchement en conditions naturelles.

Le présent rapport, relatif au premier volet,

- 1) expose la méthode utilisée pour la détermination de la capacité au champ et les résultats obtenus,
- 2) discute du concept de la capacité au champ et de sa signification dans deux sols des milieux sableux du bassin de la Mare d'Oursi.

Fig. 1 CARTE DE SITUATION DE L'OPERATION MARE OURSI
AU NORD DE LA HAUTE VOLTA

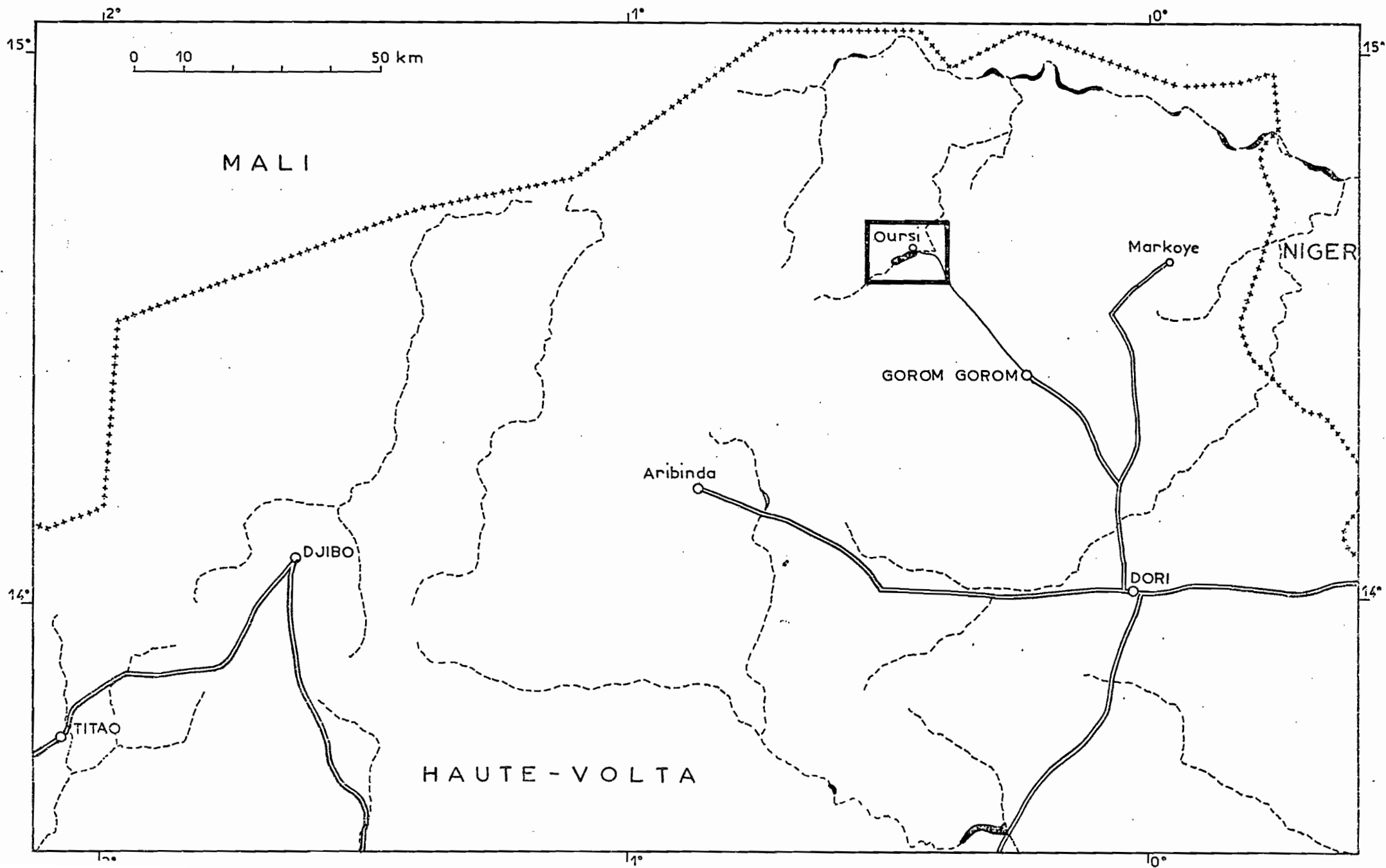
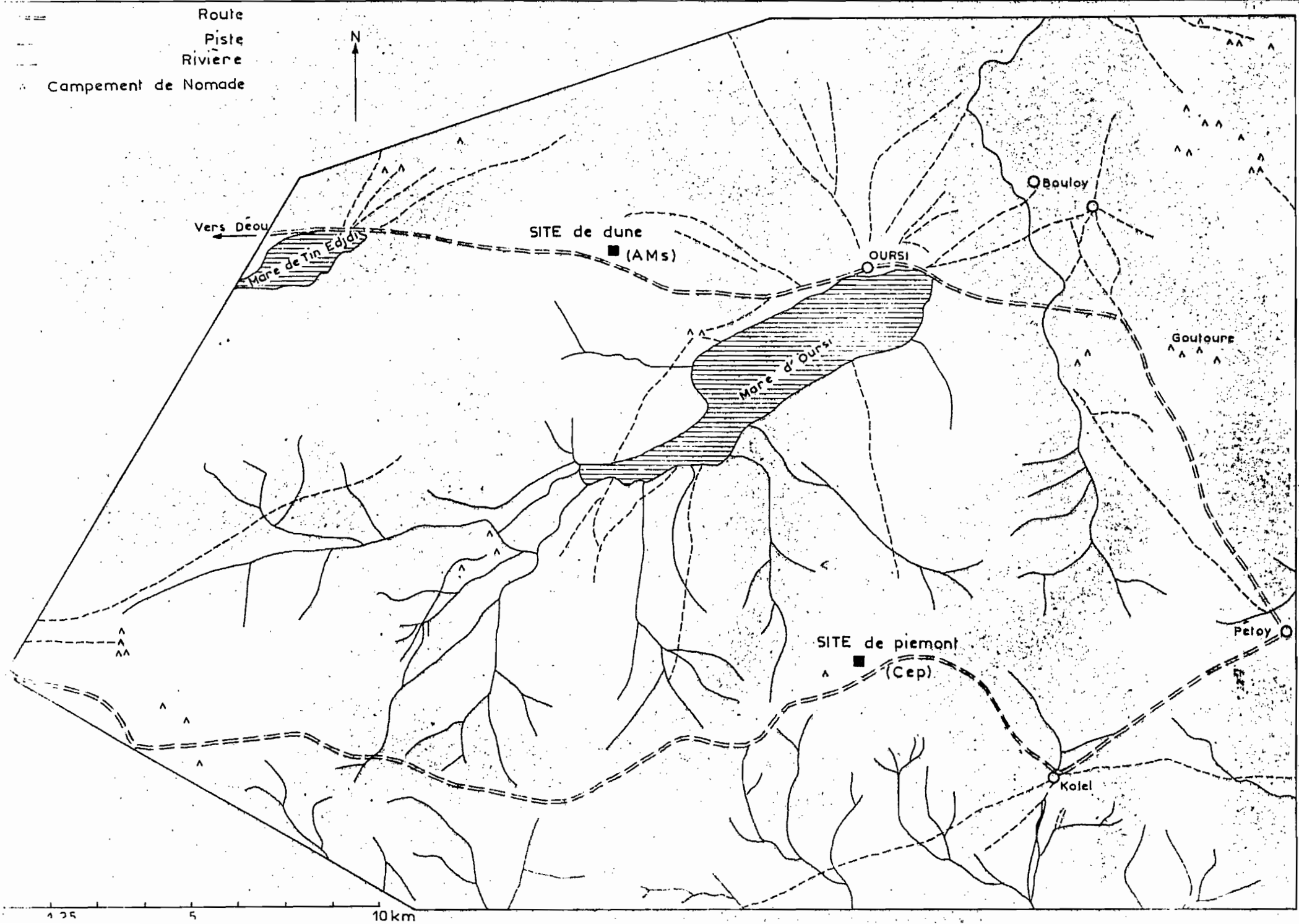


Fig. 1' SITUATION DES SITES DE MESURE DE CAPACITE AU CHAMP



I - LE MILIEU

11 Situation

Le bassin versant de la Mare d'Oursi se situe au nord de la Haute-Volta, entre 0°40' - 0°10' de longitude ouest et 14°20' - 14°50' de latitude nord (cf. figure 1).

Une partie de ce bassin est constituée au nord par un ensemble dunaire orienté est - ouest faisant barrage à la Mare. C'est le point de départ d'une série d'ergs parallèles qui se prolonge jusqu'au désert.

L'autre partie est formée par un complexe de bassins en arêtes de poisson rayonnant autour de la Mare, séparés les uns des autres par des buttes et affleurements rocheux ou des escarpements latéritiques plus ou moins importants.

Ces bassins sont drainés par des cours d'eau temporaires en saison des pluies. Les mesures de capacité au champ analysées dans ce rapport ont été déterminées sur deux sols sableux.

- L'un se trouve en pénéplaine dunaire, 5 km à l'ouest du village d'Oursi.
- L'autre est situé au sud du périmètre d'étude de recherches DGRST, dans le piémont de la colline Koel¹ (cf. figure 1).

12 Le climat

Selon Aubréville (1949), le bassin fait partie de la bordure septentrionale de la zone soudano-sahélienne.

Ce classement reste valable pour ce qui est de la plupart des caractéristiques climatiques.

Mais l'évolution récente de la pluviométrie fait plutôt penser à la zone sahélienne (cf. figure 2).

¹ Koel du même nom que le village situé 1 km environ à l'est. Il existe néanmoins une légère nuance de prononciation traduite par l'IGN par Koel.

121 Les températures

Les températures mensuelles de Dori, station synoptique la plus proche, à une centaine de kilomètres au sud - est (figure 1), sont reproduites au tableau 1.

Tableau 1 : Températures moyennes de la station de Dori (1961 - 1970)

Températures	JANV	FEV.	MARS	AVR.	MAI.	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT.	NOV.	DEC.	Année
Températures minimales moyennes	13,6	16,2	19,8	24,7	26,8	25,4	23,7	22,8	23,0	22,4	17,7	14,3	20,9
Températures moyennes	23,5	26,4	29,6	32,7	34,0	31,8	29,4	27,9	28,7	30,4	27,4	24,2	28,8
Températures maximales moyennes	33,4	36,6	39,4	40,8	41,2	38,1	35,0	32,9	34,4	38,3	37,1	34,0	36,8
Amplitude thermique	19,8	20,4	19,6	16,1	14,4	12,7	11,3	10,1	11,4	15,9	19,4	19,7	15,9

La moyenne annuelle de 28,8° permet de distinguer :

- deux saisons fraîches :
 - novembre - février, minimum : 23,5° en janvier,
 - et août - septembre, minimum : 27,9° en août,
- et deux saisons chaudes :
 - mars - juillet, maximum : 34,0° en mai
 - et octobre : 30,4°.

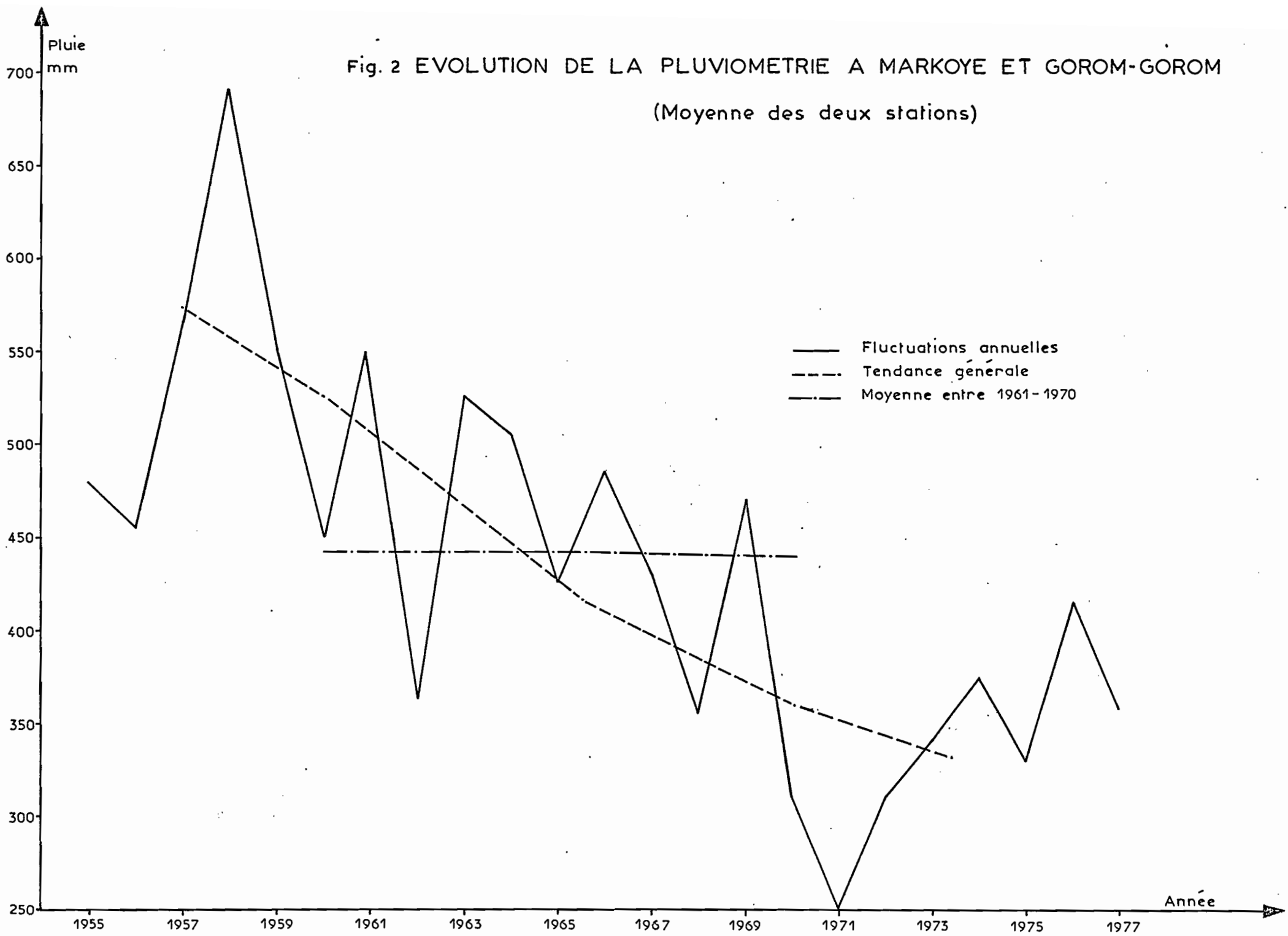
122 La pluviométrie

La pluviométrie, qui est le paramètre climatique essentiel, peut être définie sur le plan général par des données de Markoye et de Gorom-Gorom (cf. figure 2).

Cette figure montre que la moyenne annuelle des précipitations de ces deux stations décroît de 1955 à 1971 : diminution, de 16 - 17 mm par an, de la valeur moyenne.

Au delà de cette date, les fluctuations inter-annuelles, toujours importantes, ne permettent pas encore de se prononcer en faveur d'un éventuel renversement de la tendance générale.

Fig. 2 EVOLUTION DE LA PLUVIOMETRIE A MARKOYE ET GOROM-GOROM
(Moyenne des deux stations)



Au tableau 2, sont rassemblées les pluviométries mensuelles de Markoye, Gorom-Gorom et de la station météorologique de l'opération Mare d'Oursi.

Les valeurs diffèrent nettement. Il est peu probable que des corrélations significatives puissent exister en raison de la distribution spatiale irrégulière des grains. On cherchera cependant à s'en assurer, lorsqu'un nombre suffisant de relevés aura été recueilli pour Oursi.

Tableau 2 : Pluviométrie en 1976 et 1977 à Markoye, Gorom-Gorom et à la station météorologique de l'opération Mare d'Oursi (mm).

Station		AVRIL	MAI	JUIN	JUIL.	AOUT.	SEPT.	OCT.	Total	Moy/22 ans
Markoye	1976	0	18,5	33,1	55,0	128,5	74,1	27,7	336,9	410
	1977	0	6,9	65,8	99,1	99,6	36,0	0	307,4	
Gorom-Gorom	1976	4,8	38,6	76,6	88,5	90,3	46,2	65,6	410,6	460
	1977	0	25,3	25,1	158,4	116,3	62,5	17,3	404,9	
Oursi	1976	0	70,0	11,8	106,1	113,4	49,4	77,1	427,8	
	1977	0	20,2	89,1	109,3	176,7	84,9	0	480,2	

Les pluies s'étalent de mai à octobre, mais n'affectent véritablement le démarrage et la croissance végétale qu'à partir du mois de juillet. Une centaine de mm de pluie ne servent apparemment qu'à amorcer des levées éphémères et à ramener la réserve hydrique du sol dans la zone des humidités utiles (SICOT 1976).

123 Le bilan climatique atmosphérique

L'évapotranspiration potentielle annuelle, calculée d'après la formule de Penman par C. Baldy (1976) atteint 2062 mm.

La pluviométrie est déficitaire tout au long de l'année et, même en saison des pluies, la demande évaporative est rarement satisfaite à plus de 50 % (SICOT 1976).

Le déficit hydrique cumulé est de l'ordre de 1750 - 1800 mm.

13 Les sols

Les deux sols étudiés ont été décrits par Leprun (1977). Les descriptions sont données en annexe.

Le sol de la dune est un sol composite formé de la superposition de deux sols brun - rouge subarides, qui dérivent de deux ergs, ancien et récent, éléments constitutifs des ensablements éoliens de la région. Le sol dunaire est de texture sableuse.

Le sol du plémont est un sol ferrugineux tropical, peu lessivé, peu différencié sur sable éolien de l'erg ancien, au dessus des colluvions des gabbros de Koel.

C'est un terme de passage aux sols bruns sub-arides.

Le sol de plémont est de texture sableuse en surface, et argilo-sableuse en profondeur.

Tableaux 3 : Composition texturale des sols

Horizon (cm)	0-14	14-40	40-75	75-120	120-170	170-260	260-300
Argile	5,2	8,7	7,7	6,4	3,7	3,6	3,1
Limon fin	2,5	2,9	2,2	2,0	0,6	0,1	0,1
Limon grossier	1,2	1,1	0,8	0,3	0,3	0,2	0,1
Sable fin	59,9	56,5	58,7	55,0	69,4	51,4	54,4
Sable grossier	31,5	31,0	30,5	37,0	27,5	46,0	43,9
Matière organique	0,2	0,2	0,2	0,1			
Total	100,5	100,4	100,1	100,5	101,5	101,3	101,6

3 A : Composition texturale (% MS) du sol dunaire (AMs).

(Horizon (cm))	: 0-5	: 5-20	: 60-87	: 87-103	: 103-150
(Argile)	: 3,5	: 6,5	: 12,1	: 13,9	: 17,7
(Limon fin)	: 1,9	: 1,9	: 2,4	: 2,7	: 5,7
(Limon grossier)	: 1,2	: 1,4	: 1,2	: 0,7	: 3,4
(Sable fin)	: 46,0	: 47,9	: 48,0	: 44,1	: 36,0
(Sable grossier)	: 47,4	: 42,0	: 36,9	: 38,9	: 36,9
(Matière organique)	: 0,4	: 0,3	:	:	:
(Total)	: 100,4	: 100,0	: 100,6	: 100,3	: 99,7

3 B : Composition texturale (% MS) du sol de plémont (Cep).

Dans le sol dunaire, la teneur en éléments fins jusqu'à l'horizon 40 - 45 cm augmente avec la profondeur et décroît au delà, tandis qu'elle est en constante augmentation dans le sol de plémont.

Dans les deux cas, le taux de matière organique est très faible voire insuffisant.

14 - La végétation

Le système dunaire étudié est une steppe arbustive très ouverte, à Aristida mutabilis Trin et Rupt. et Schoenfeldia gracilis Kunth, avec Gulera senegalensis J.F. Gmel. et Acacia senegal (L.) Willd. (cf. groupement AMs : Toutain 1976).

Le plémont est aussi une steppe herbacée à ligneux bas, épars. Les plantes dominantes sont :

- pour la strate herbacée : Cenchrus biflorus Roxb., Schoenfeldia gracilis Kunth., Acacia tortilis (Forsk) Hayne,
- et pour la strate ligneuse : Acacia nilotica var. Adansonii (Guill. et Perr.) O. Ktze., et Combretum glutinosum Perr. ex D.C. (cf. groupement Cep : Toutain 1976).

Fig. 3 A EVOLUTION DU PROFIL MOYEN D'HUMIDITE
PONDERALE DANS LA DUNE (AMs)

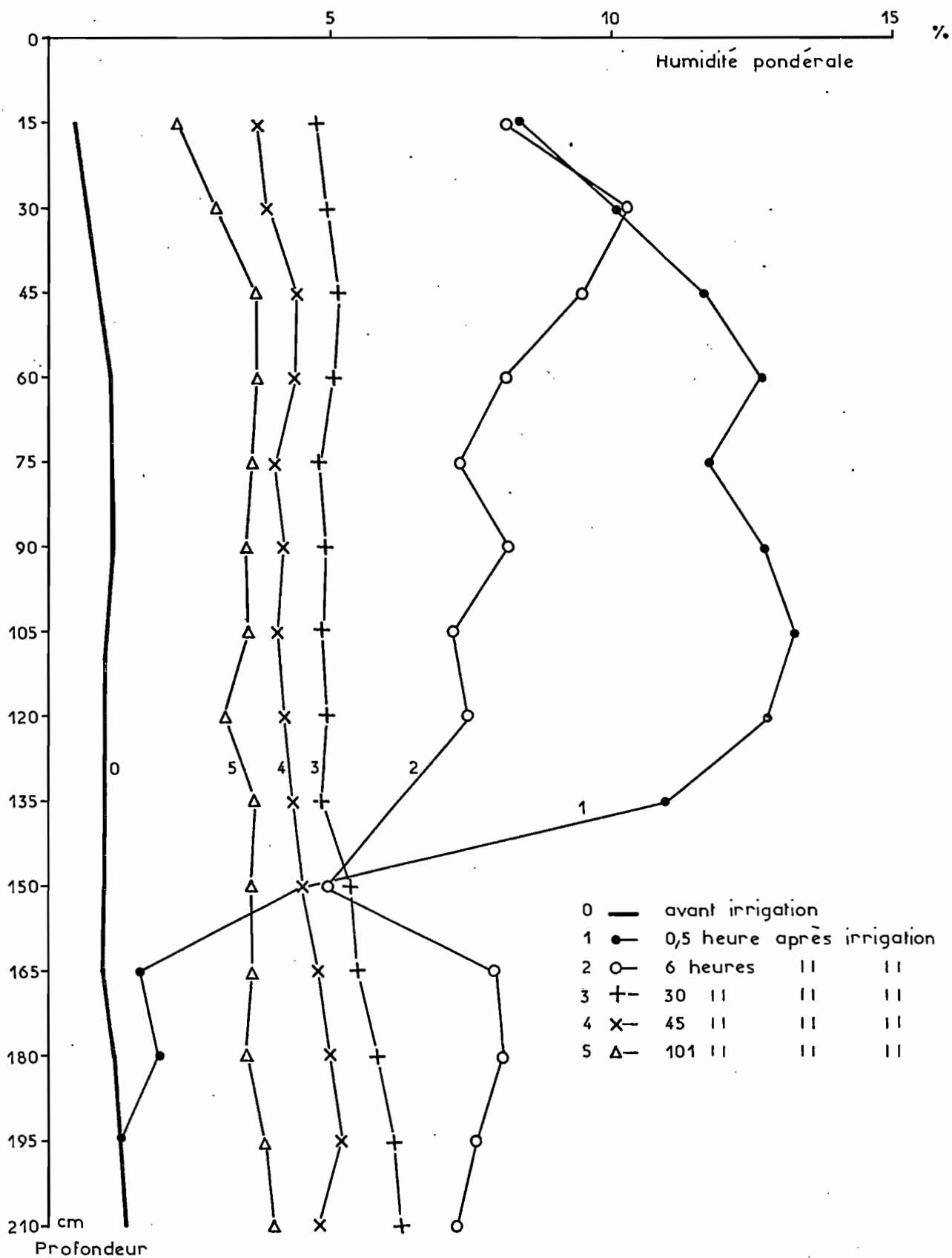


Fig. 3 B EVOLUTION DU PROFIL MOYEN D'HUMIDITE PONDERALE
DANS LE PIEMONT DE KOEL (Cep)

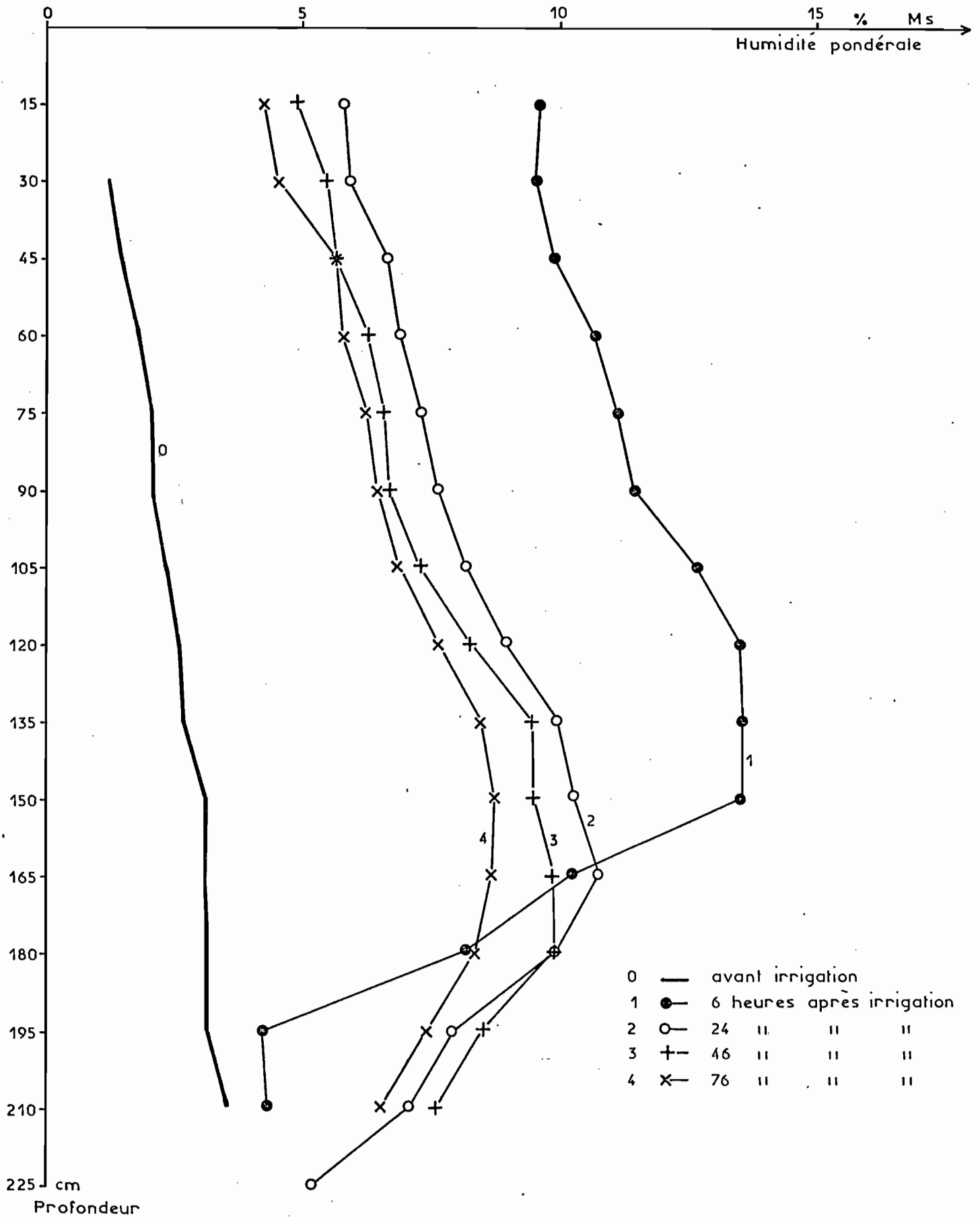


Fig. 4 EVOLUTION DU PROFIL D'HUMIDITE PONDERALE
DANS LE SITE 1 DU PIEMONT DE KOEL (Cep)

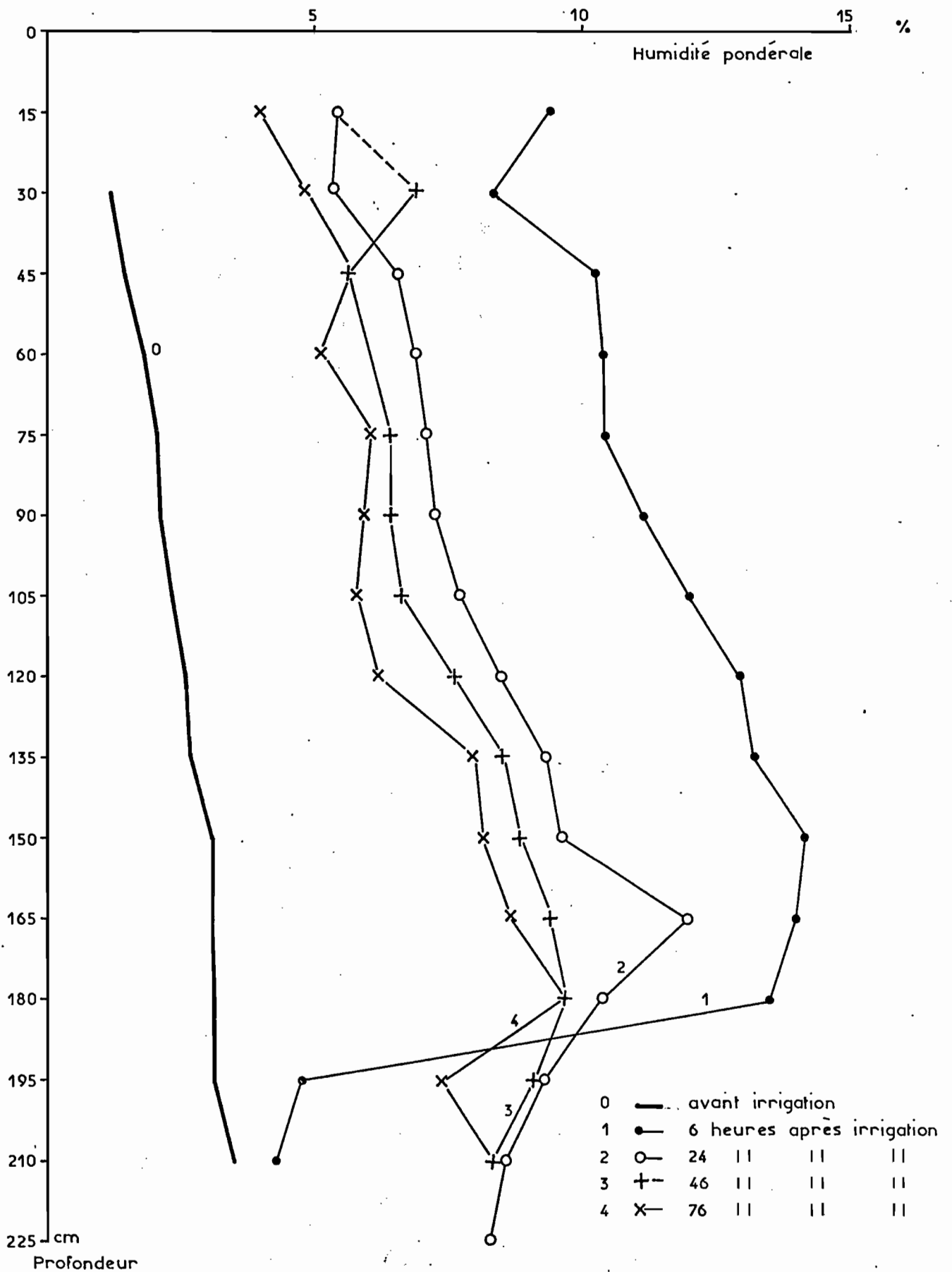


Fig. 5 EVOLUTION DU PROFIL D'HUMIDITE PONDERALE
DANS LE SITE 2 DU PIEMONT DE KOEL (Cep)

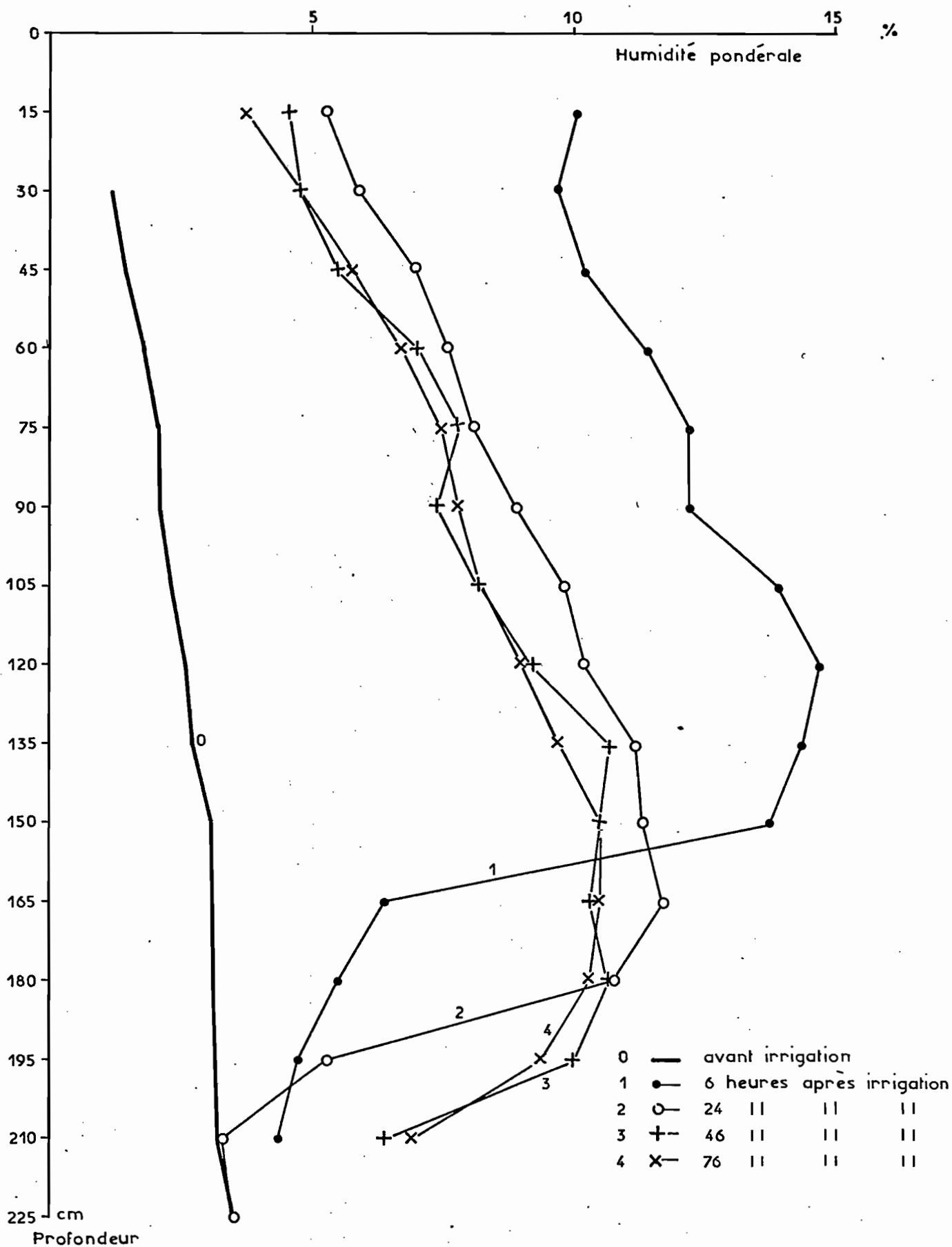


Fig. 6 EVOLUTION DU PROFIL D'HUMIDITE PONDERALE
DANS LE SITE 3 DU PIEMONT DE KOEL (Cep)

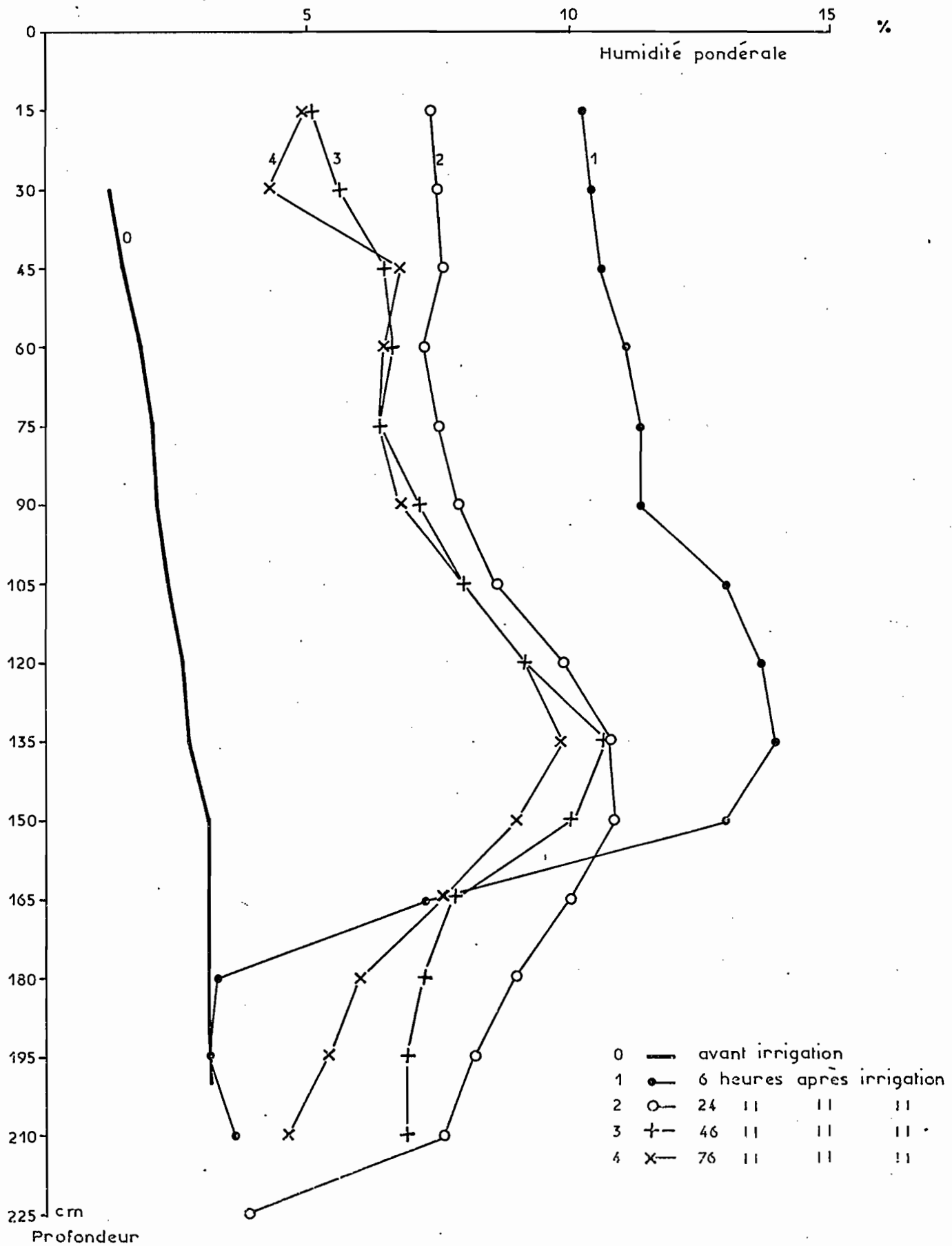
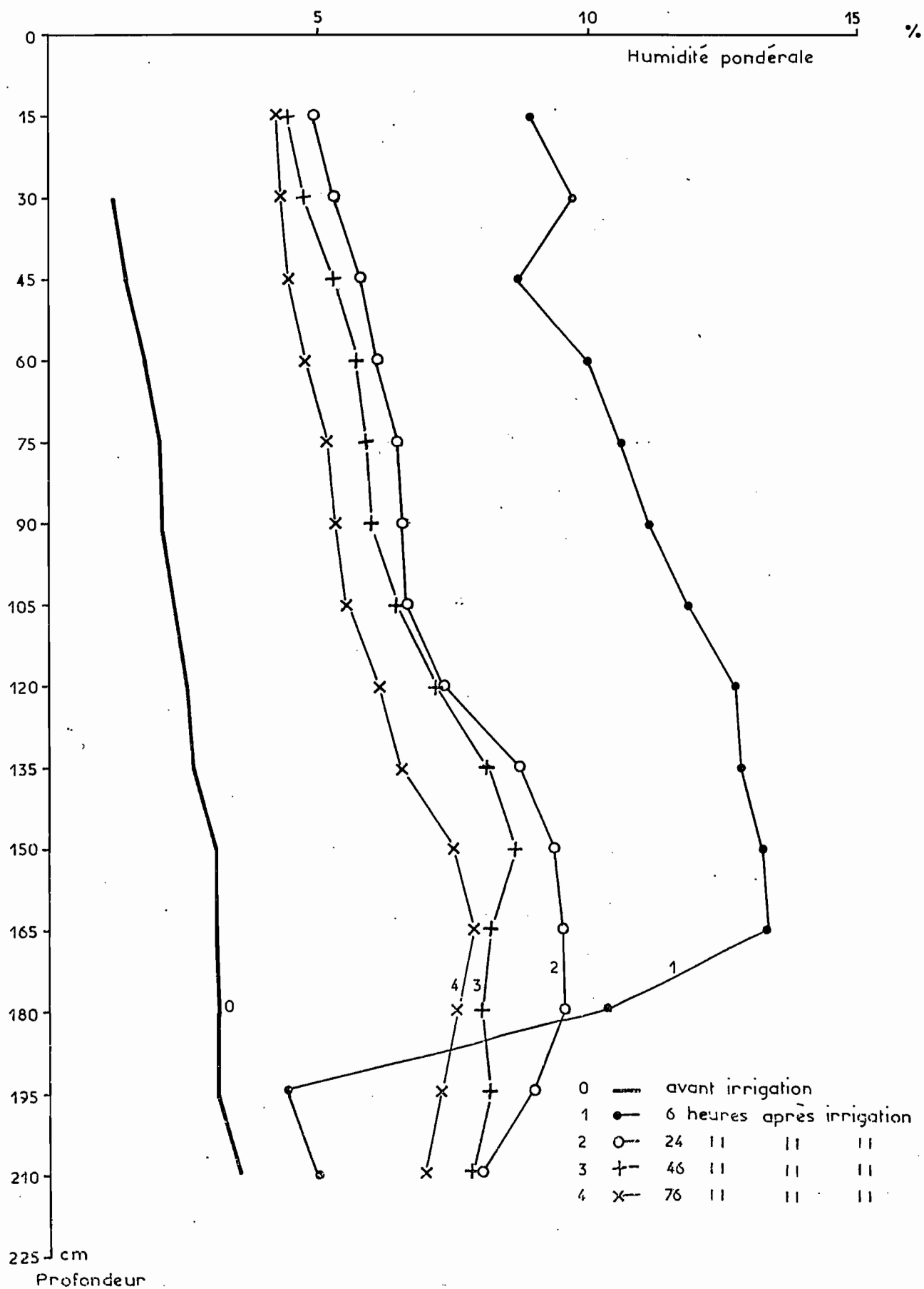


Fig. 7 EVOLUTION DU PROFIL D'HUMIDITE PONDERALE
 DANS LE SITE 4 DU PIEMONT DE KOEL (Cep)



II - MATERIEL ET METHODE

Le cadre expérimental comprend, pour chaque sol étudié, quatre sites de mesure de 1 x 1 m², délimités chacun par un cadre de bois de 30 cm de haut, enfoncé de 10 cm, dans la terre.

Les sites de mesure sont répartis sur un hectare.

Le traitement unique appliqué pendant la saison sèche, au mois de mars, a consisté à irriguer chaque site avec 400 litres d'eau.

L'évolution du profil hydrique a ensuite été suivie, en relevant le taux d'humidité par gravimétrie, sur des échantillons de sol de 15 en 15 cm à partir de la surface.

Entre chaque prélèvement, la placette arrosée a été couverte d'une bâche en matière plastique pour limiter l'évaporation, intense en saison sèche.

III - RESULTATS

31 Analyse des phénomènes

Les deux suites des profils moyens relevés dans la dune et le plémont sont reportés dans les figures 1 A et 1 B.

Les profils élémentaires successifs relatifs aux différents sites de mesure du sol de plémont (figures 4 à 7) montrent que les fluctuations de valeurs d'humidité enregistrées n'affectent pas les modalités des phénomènes décrits ci-après.

Il en est de même pour les profils élémentaires de la dune, lesquels ne sont pas figurés.

Le profil hydrique succédant à l'irrigation donne pour les deux stations une bonne illustration du phénomène d'infiltration de l'eau non saturant.

On distingue :

- un front d'humectation entre 135 - 150 cm et 160 - 190 cm, relevé respectivement une demi-heure et six heures après la fin de l'arrosage sur la dune et dans le plémont.
- une zone très humide, dite zone d'humidification, résultant de l'accumulation de l'eau au-dessus du front,

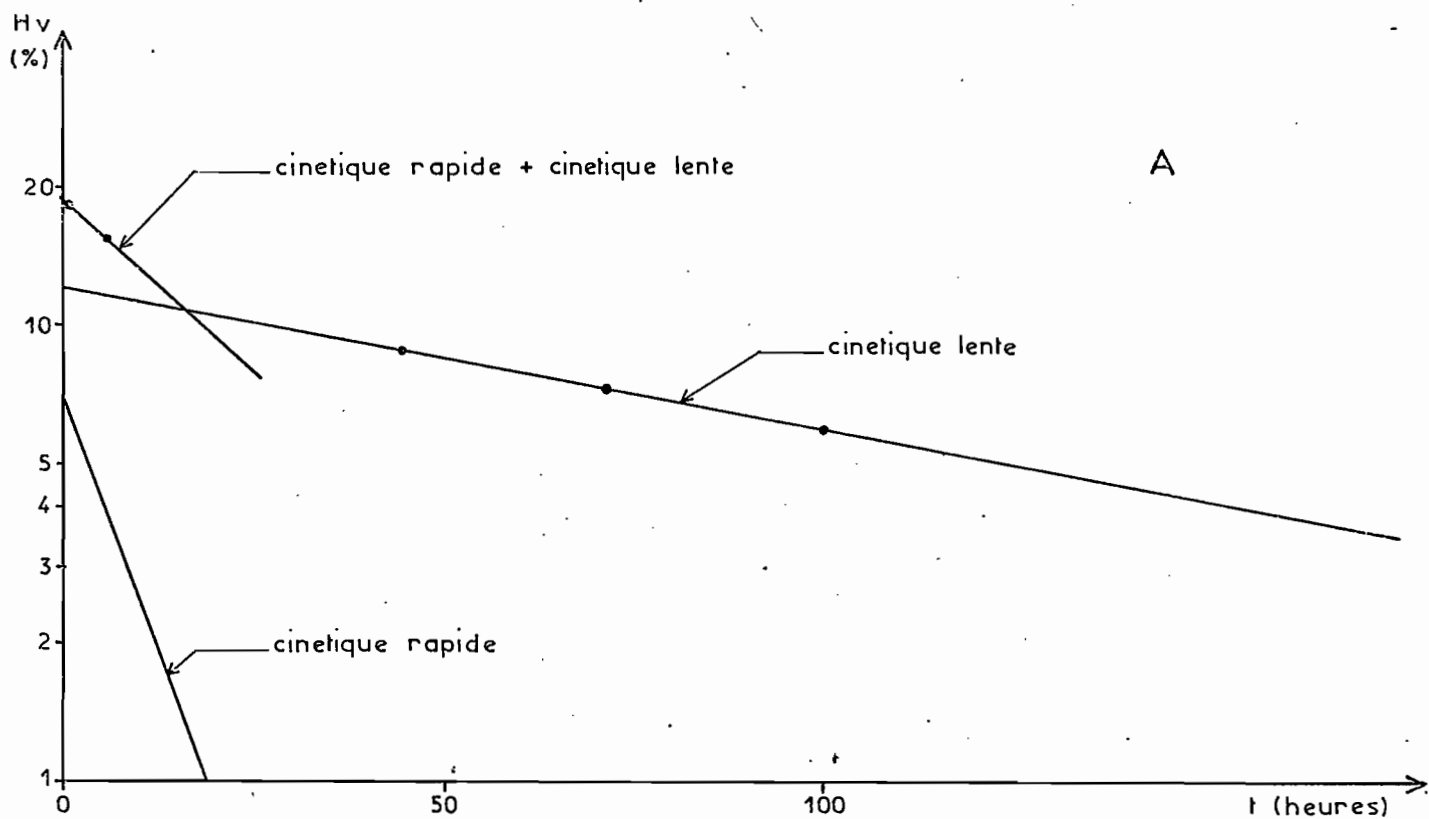


Fig. 8 A DECOMPOSITION DE LA CINETIQUE DE RESSUYAGE
DANS L'HORIZON 30-45 cm DU SOL DUNAIRE (AMs)

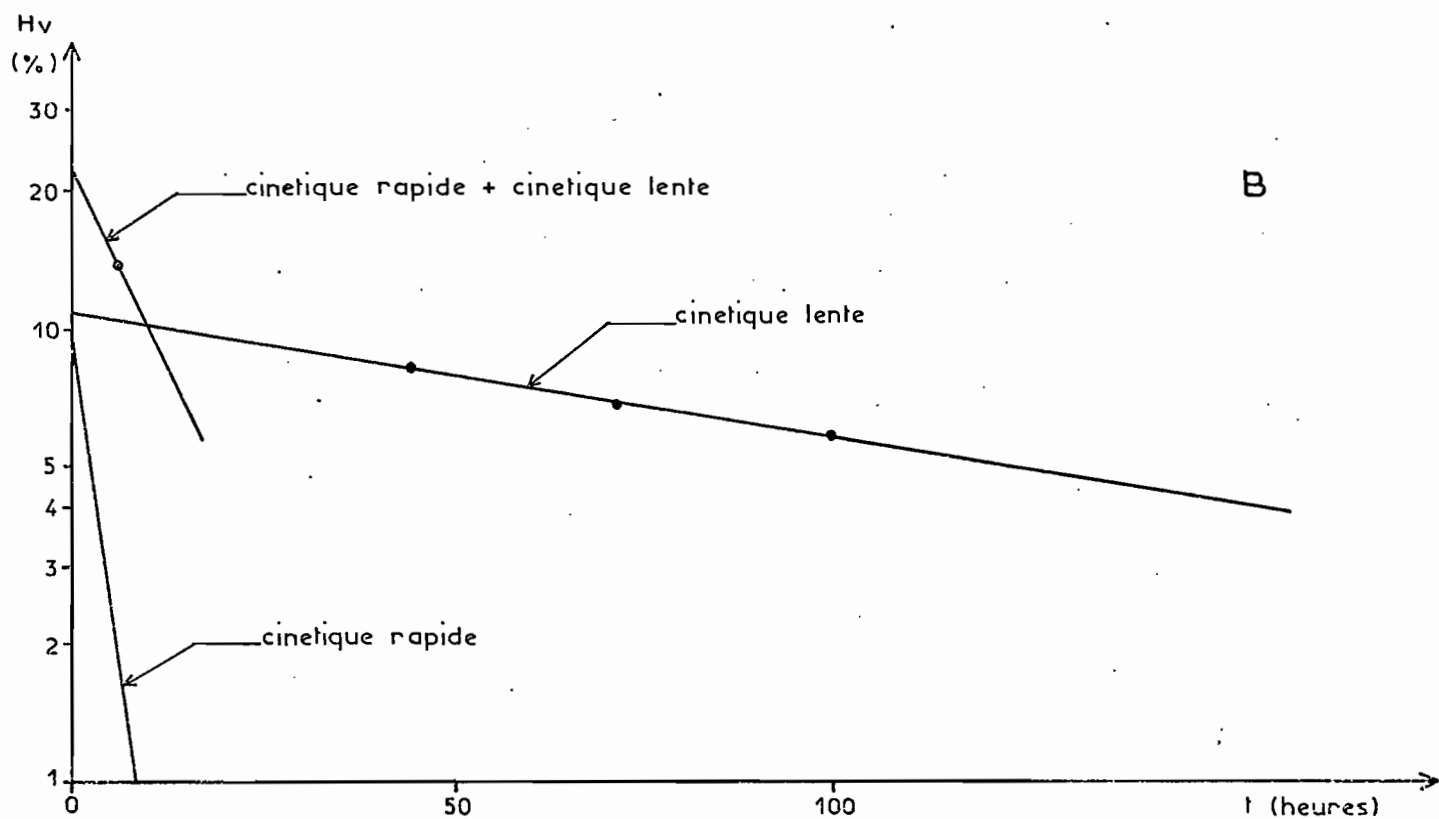


Fig. 8 B DECOMPOSITION DE LA CINETIQUE DE RESSUYAGE
DANS L'HORIZON 105-120 cm DU SOL DE DUNE (AMs)

- et une zone de transmission, prolongeant la précédente, où le gradient d'humidité est décroissant de bas en haut.

L'absence d'engorgement superficiel indique, dans les deux cas, que le ressuyage est déjà commencé en surface. Les profils suivants, à peu près parallèles, montrent que l'humectation se poursuit en profondeur au dépens du ressuyage des horizons supérieurs.

Ce dernier, d'abord rapide, se ralentit, rendant manifeste une certaine résistance du sol à la percolation ou, ce qui revient au même, le pouvoir de rétention hydrique. Cette remarque est confirmée par l'analyse du taux d'humidité dans chaque horizon : voir figures 8 A et 8 B comme exemples.

Dans les couches déjà humectées au commencement des mesures, on distingue :

- une cinétique rapide se déroulant sur 20 à 30 heures, provoquée par les forces de gravité,
- une cinétique lente ou redistribution, devant théoriquement aboutir à un état d'équilibre ou plutôt de pseudo-équilibre, provoquée par la lenteur des mouvements de l'eau dans le sol, si celui-ci est efficacement protégé de l'évaporation. La redistribution résulte de l'action des forces de succion ou capillaires.

Les figures 8 montrent, pour les horizons 30 - 45 cm et 105 - 120 cm du sol dunaire pris comme exemples, la possibilité de décomposer la courbe de ressuyage en deux droites descendantes, en coordonnées semi-logarithmiques. Il s'en suit que l'évolution de l'humidité au cours du ressuyage peut être considérée comme la juxtaposition des deux cinétiques, de type exponentielle décroissante :

$$H = H_0 e^{-\lambda t}$$

H étant l'humidité volumique ou pondérale instantanée du sol, Ces deux cinétiques diffèrent par :

- λ constante de ressuyage de plus grande valeur dans le cas de la cinétique rapide,
- H_0 constante caractérisant l'état de remplissage initial du compartiment correspondant à la cinétique considérée.

La formulation de chacune des deux cinétiques de ressuyage, pour des tranches de sol de 15 cm d'épaisseur, est reportée dans un tableau en annexe II.

Les coefficients d'ajustement à la fonction exponentielle, quand ils ont pu être calculés, sont voisins de 1.

Dans le sol de dune, l'action perturbatrice de l'évaporation sur le ressuyage est décelable malgré la bâche de protection. Elle est surtout sensible, en début du ressuyage, sur la cinétique rapide des trente premiers centimètres de sol.

Quelle que soit la cinétique de ressuyage considérée, elle est plus rapide dans la dune qu'à Koel.

32 - Détermination de la capacité au champ.

La capacité de rétention hydrique du sol *in situ* ou capacité au champ (Israëlen et West 1922) est universellement considérée comme étant la quantité d'eau maximale emmagasinée par le sol après cessation de la percolation par gravité. L'écoulement très ralenti résulte de l'action des forces capillaires dites de succion.

Diverses méthodes et techniques sont mises en oeuvre pour faciliter sa détermination. Elles aboutissent à des définitions pratiques dont celles déduites de l'analyse de la cinétique de ressuyage *in situ* sont considérées comme les plus proches de la réalité.

Suivant ce concept cinétique du phénomène, les définitions suivantes sont acceptées pour la capacité au champ :

- la valeur d'humidité de l'asymptote à la courbe de ressuyage, approchée après un temps plus ou moins long (palier de Rode 1960).
- le taux d'humidité caractérisant le passage de l'écoulement par gravité à la redistribution capillaire (Rode 1960, Féodoroff 1962).
- l'humidité maximale résultant du remplissage total du compartiment qui, dans le sol, ne donne lieu qu'à l'écoulement lent. La majeure partie de ce compartiment est constituée par la microporosité, à laquelle il est traditionnellement assimilé.

Le petit nombre de mesures, l'incidence de l'évaporation en saison sèche ne permettent pas de cerner avec précision la valeur correspondant à la première définition.

En outre, la fugacité de la cinétique rapide et la lenteur de la redistribution font que les valeurs correspondant aux deux autres acceptations sont confondues, à la précision des mesures près.

Fig. 9 PROFILS HYDRIQUES REMARQUABLES RELEVÉS
DANS LE SOL DE PIEMONT (C e p)

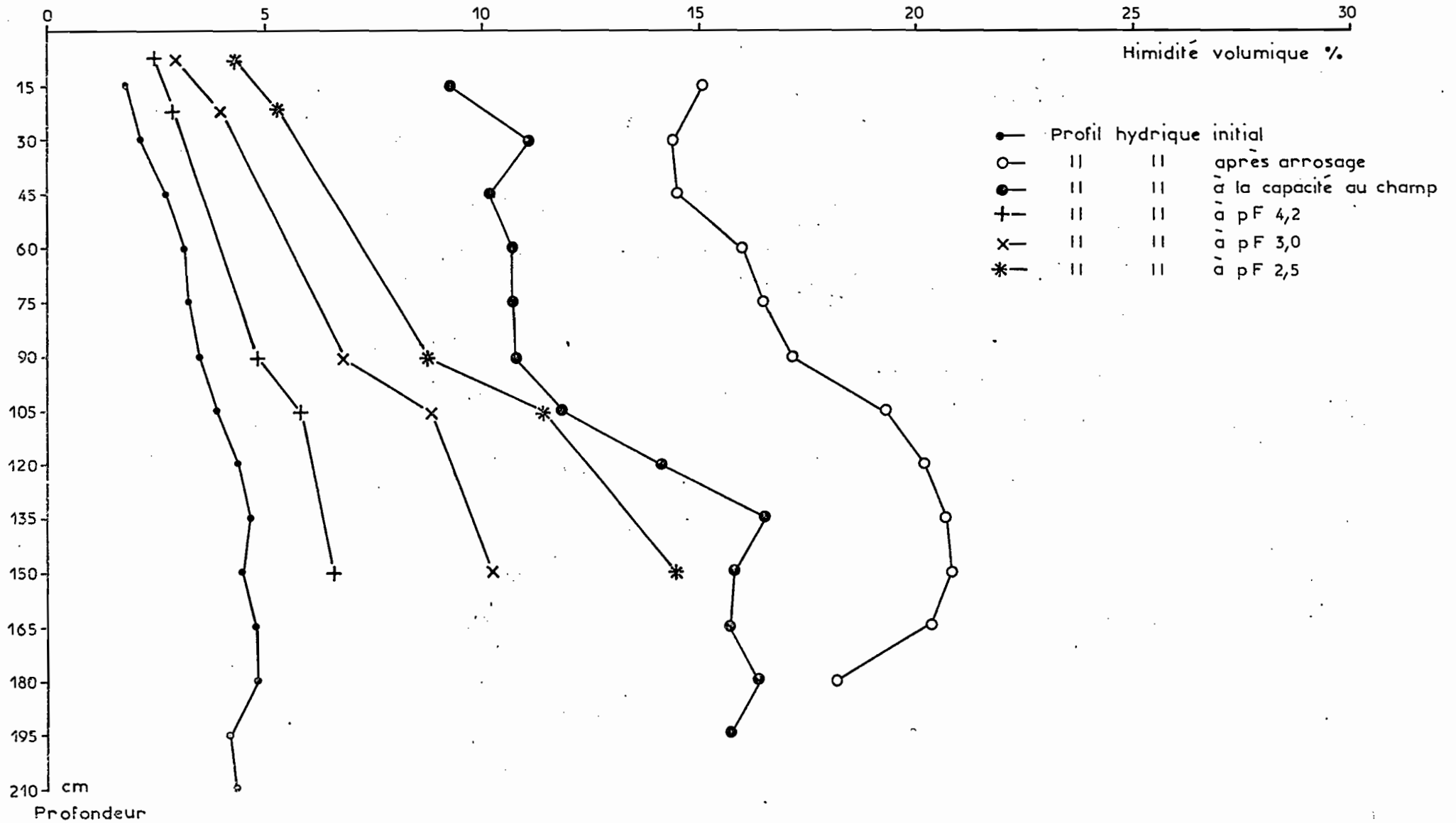
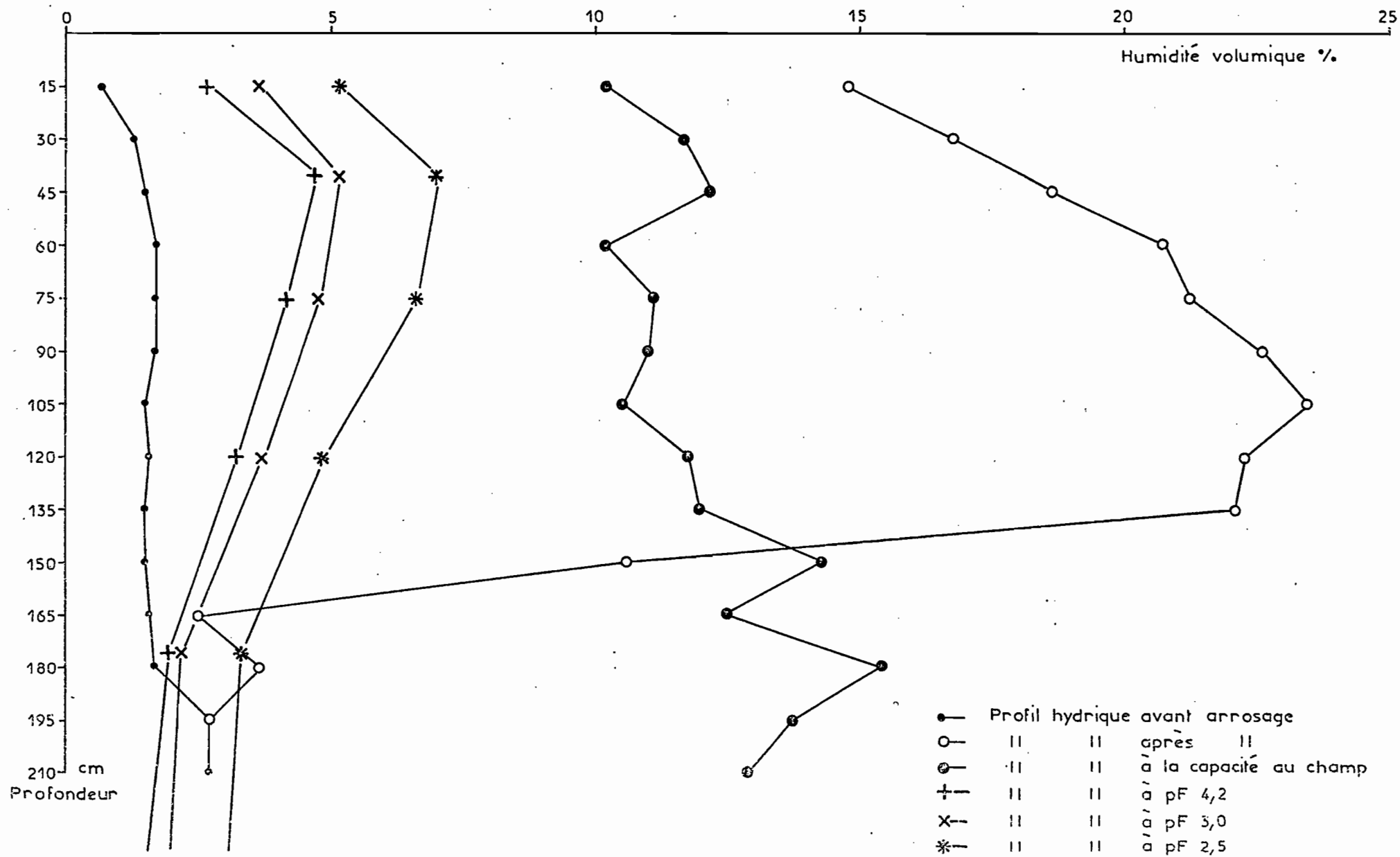


Fig. 10 PROFILS HYDRIQUES REMARQUABLES RELEVÉS
DANS LE SOL DUNAIRE (AMs)



Par suite, l'humidité volumique à la capacité au champ, humidité considérée comme résultant du remplissage du compartiment à cinétique lente, varie :

- de 10,2 à 15,4 % le long du profil pédologique de la dune,
- et de 9,3 à 16,3 % le long de celui du piémont : (cf. tableau en annexe II).

Elle augmente régulièrement de façon significative avec la profondeur en piémont, sous l'influence de l'accroissement de la teneur en argile : (cf. tableau 3). Cette augmentation se note aussi en sol dunaire mais, du fait de l'hétérogénéité du profil, elle est moins régulière et, à 7 % près, la capacité au champ peut être considérée comme constante.

IV - Discussion

41 - Comportement de l'eau dans le sol, profils hydriques

La discussion s'appuie sur la composition granulométrique (tableaux 3) et les courbes d'humidité remarquables reportées dans les figures 9 et 10.

On constate, tout d'abord, que ces sols se dessèchent, en saison sèche, au delà du point de flétrissement.

Il y a donc compétition entre le sol et la plante pour l'eau des premières pluies d'hivernage. Celle-ci doit servir en premier lieu à reconstituer la réserve édaphique non utilisable, évaporée en saison sèche.

411 - Comportement de l'eau dans le sol de piémont

Les divers profils hydriques relevés dans le sol du piémont présentent tous un renflement à la base indiquant une plus grande accumulation de l'eau en profondeur. C'est la conséquence de l'augmentation de la concentration en éléments fins dans le sable éolien, avant les colluvions gabbrotiques.

Fig. 11 INCIDENCE DU TAUX D'ARGILE + LIMON
SUR L' HUMIDITE A DIFFERENTS pF

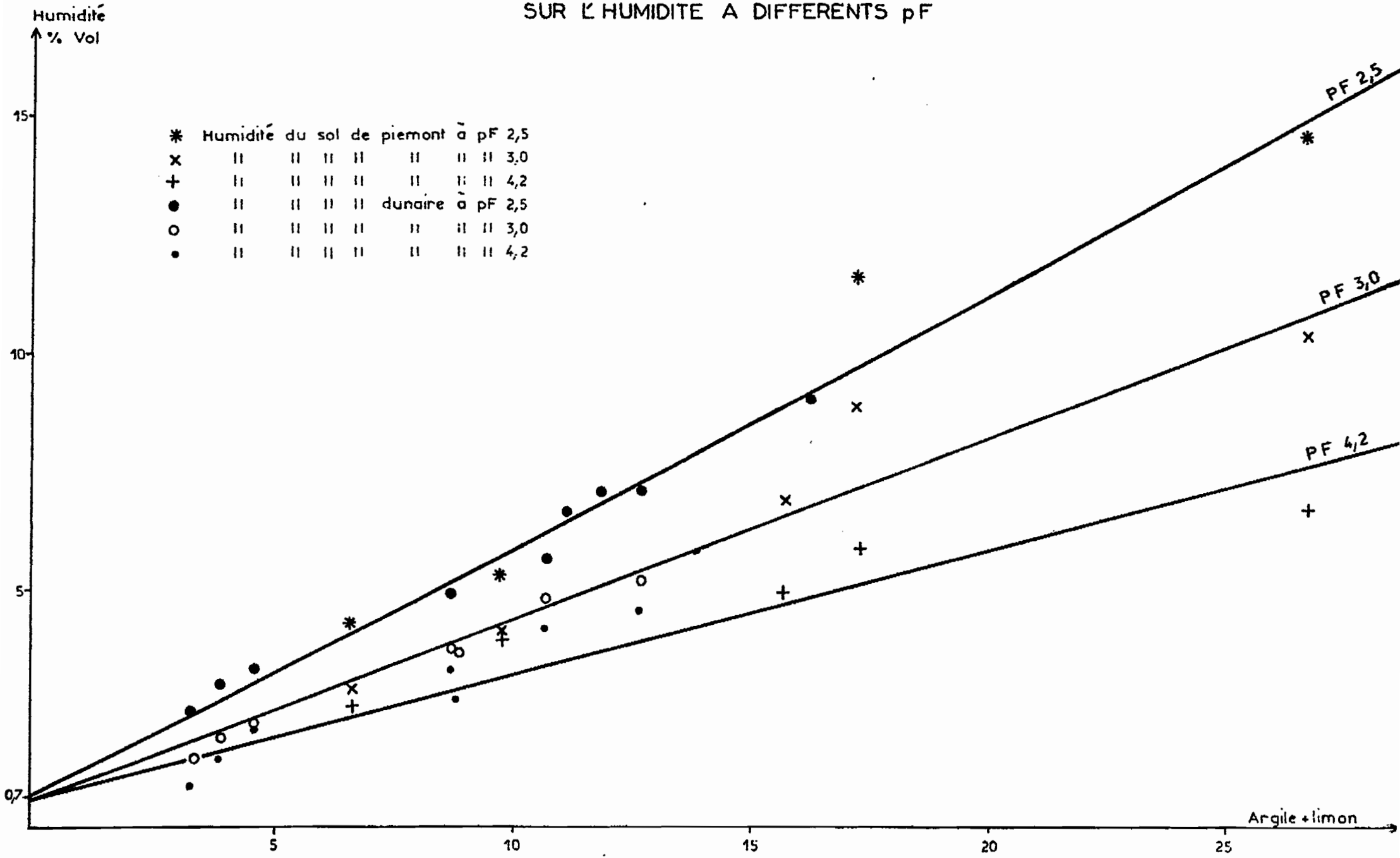


Fig. 12 INCIDENCE DU TAUX D'ARGILE et LIMON SUR L'HUMIDITE
 A DIVERS pF, LA CAPACITE AU CHAMP ET LE DESSECHEMENT

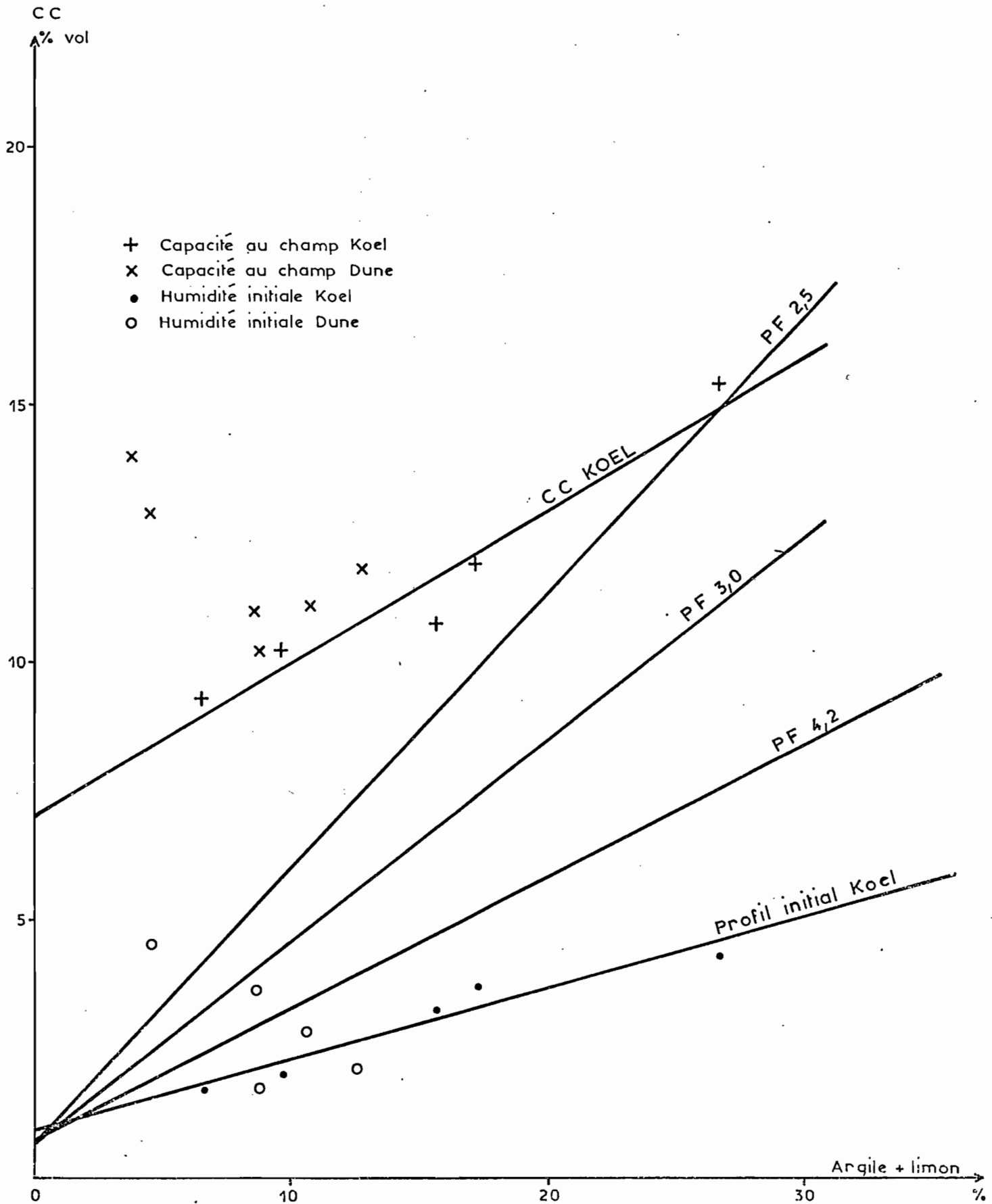
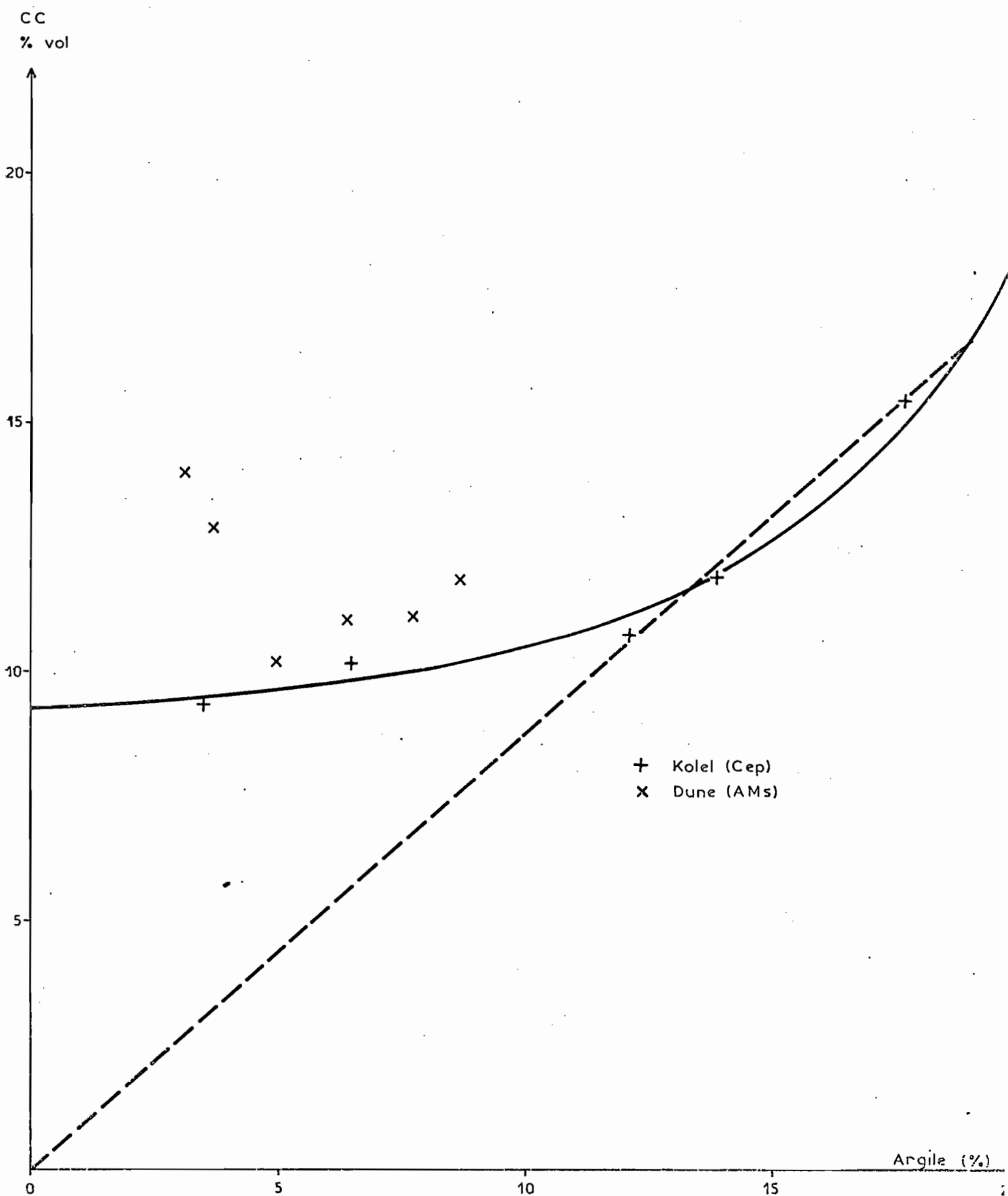


Fig. 13 VARIATION DE L' HUMIDITE A LA CAPACITE AU CHAMP
EN FONCTION DU TAUX D' ARGILE



L'humidité de ce sol à pF 2,5 - 3,0 - 4,2 et en début d'expérimentation dépend étroitement de la texture. Elle varie linéairement, en fonction du taux d'argile plus limon (A + L), formant un faisceau de droites dont le sommet est le point de l'axe des humidités volumiques d'ordonnée 0,7 % (figures 11 et 12). Ce résidu d'humidité est dû à la rétention hydrique, autour et au contact des éléments grossiers du substrat.

Pour des profils proches de la saturation et celui de la capacité au champ, l'incidence texturale est beaucoup plus discrète. La droite relative à la capacité au champ (figure 12) ne fait pas partie du faisceau sus-mentionné. L'humidité est beaucoup plus forte pour les faibles teneurs en argile, ou argile plus limon, c'est à dire en surface (figures 12 et 13).

Dans ce cas, la rétention hydrique dans les horizons superficiels du profil dépasse le pouvoir de rétention des matériaux. Le dessèchement se fait donc préférentiellement dans ces compartiments, tant que l'humidité s'écarte de la valeur déterminée par le pF correspondant.

Inversement, l'humectation tend à s'accompagner d'un engorgement superficiel, le sol retenant plus d'eau que le permettraient localement les matériaux constitutifs (figures 12 et 13).

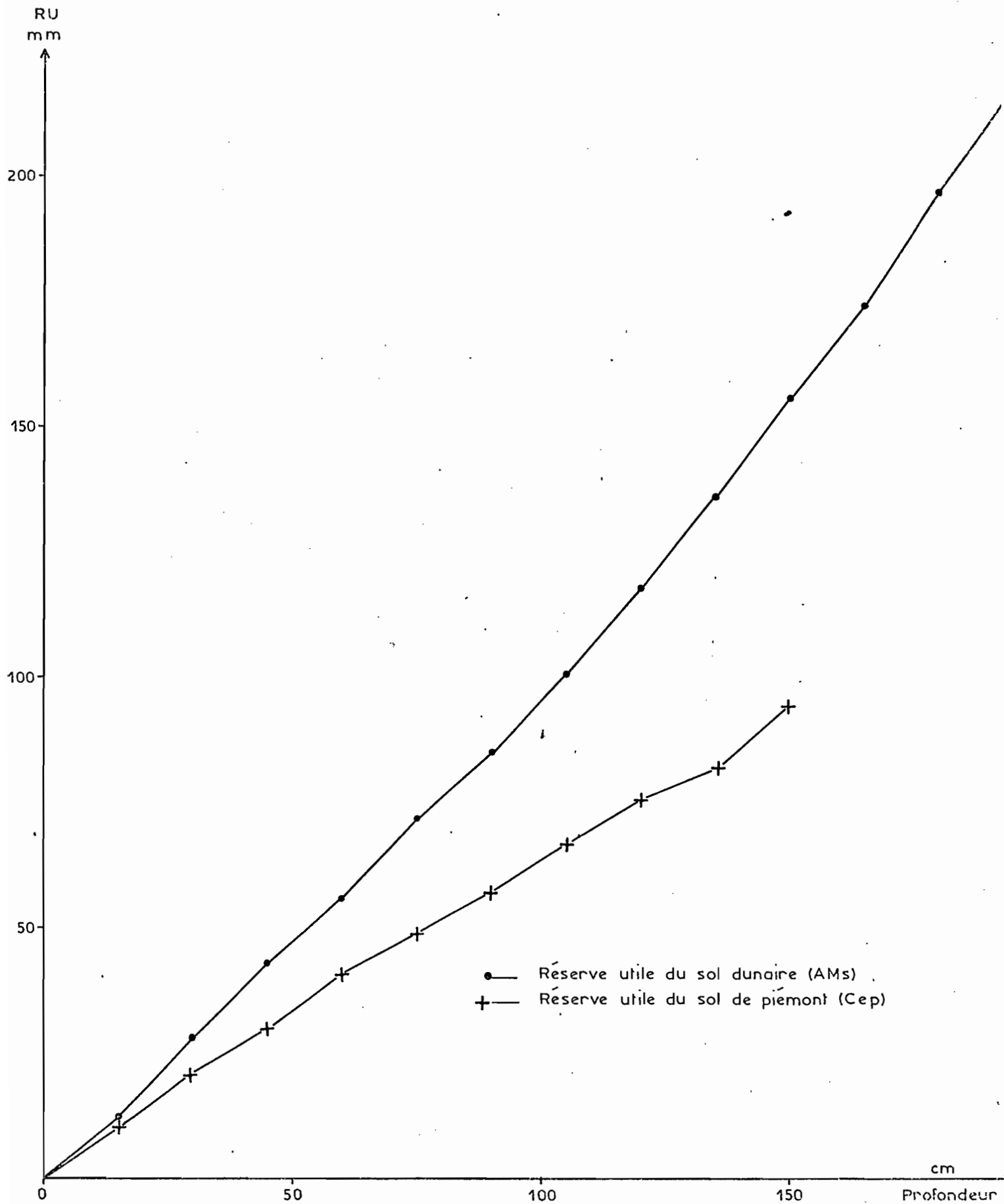
On doit donc admettre que généralement les profils hydriques, dans un tel sol, le profil, celui à la capacité au champ en particulier, ne peuvent être caractérisés dans leur ensemble par un seul pF. Les valeurs de celui-ci sont plus faibles en surface qu'en profondeur.

Nous retrouvons la conclusion de VANHAMME (Janv. 72) : à savoir que pour les sols sableux, à horizon argileux profond, l'humidité équivalente est inférieure à la capacité de rétention.

412 Comportement de l'eau dans le sol dunaire.

L'humidité à pF 2,5 - 3,0 - 4,2 augmente jusqu'à 45 cm et diminue au delà conformément à l'évolution texturale. A pF déterminé, elle augmente avec le taux d'argile plus limon par exemple, suivant des régressions communes aux deux sols.

Fig. 14 EVOLUTION DE LA RESERVE D'EAU UTILE
EN FONCTION DE LA PROFONDEUR



Les coefficients de corrélation sont très significatifs.

On a :

- pour le pF 2,5 :

$$y = 0,709 + 0,531 x \quad r = 0,99$$

- pour le pF 3,0 :

$$y = 0,693 + 0,389 x \quad r = 0,96$$

- pour le pF 4,2 :

$$y = 0,777 + 0,253 x \quad r = 0,95$$

avec y = humidité volumique

x = teneur en argile plus limon

et r = coefficient de corrélation.

Mais l'humidité du sol dunaire, à l'état de dessèchement initial comme à la capacité au champ, est nettement indépendante du pF. A preuve, les valeurs de pF correspondant aux taux d'humidité initiaux varient le long du profil de moins de 2,5 à plus de 4,2 (figure 12). Cette remarque confirme les observations du pédologue (cf. annexe 1). En profondeur ou à des teneurs en argile plus limon faibles correspondent des taux d'humidité anormalement élevés. L'hydromorphie résulte de la discontinuité dans le profil occasionnée par la superposition des deux sols et sans doute de la nature de l'argile. Par suite, on est amené à discuter de la portée des corrélations extrêmement rigides entre humidité et pF notées dans ce rapport et signalées par divers auteurs : Richard (1952), Combeau (1960, 1963), Dancette (1973).

Ces corrélations expriment l'influence des matériaux du sol dans sa rétention pour l'eau.

Des caractéristiques hydriques et hydrodynamiques telles que la porosité, la structure et sa stabilité interviennent aussi, qui ne sont pas prises en compte par le pF.

Leur action est localisée ou diffuse dans tout ce profil.

Il en est de même pour les discontinuités de toute nature qui aboutissent à modifier la circulation de l'eau dans le sol.

Le profil hydrique du sol, principalement le profil à la capacité au champ, ne dépend donc pas uniquement du pF. Il est déterminé par un complexe de facteurs qui doivent être considérés sur l'ensemble du profil et dont l'influence des matériaux pédologiques ne constitue qu'un élément.

Les corrélations sus-mentionnées ne sont extrapolables que dans le cas de sols peu hétérogènes dans leurs différentes propriétés et sans discontinuité.

Elles ne donnent en fait que des indications qui doivent être vérifiées par des mesures sur le terrain.

42 - Bilan de l'eau

Au tableau 4 sont regroupés quelques éléments du bilan hydrique de l'expérimentation.

Tableau 4 : Bilan de l'eau emmagasinée (mm) par le sol dunaire et de plémont au cours de l'expérimentation.

Profondeur (mm)	Dune				Koel			
	0,5	6	CC	RU	6	CC	RU	
15	22	21	15	12	20	14	10	
30	43	43	33	28	38	31	21	
45	69	64	51	43	56	46	30	
60	98	81	66	56	75	62	41	
105	183	129	115	101	139	112	67	
150	245	166	172	156	212	169	94	
180	255	200	215	197	225			
195		214	235	218	269			
210		227	254	237				

0,5 Eau emmagasinée par le sol 0,5 heure après irrigation

6 " " " " " 6 " " "

CC Réserve d'eau cumulée à la capacité au champ

RU Réserve utile cumulée.

Le repérage du front d'humectation à environ 150 cm de la surface, une demi-heure après la fin de l'arrosage dans la dune, permet d'estimer à 255 millimètres la quantité d'eau emmagasinée par le sol, à partir du profil initial sur la section de 1 m².

Durant cette période, 145 litres d'eau, soit 36 % des 400 litres apportés, ont été perdus en évaporation et drainage latéral.

5 h 30 après, 18 litres se sont infiltrés à plus de 210 cm de profondeur. A Koel, dans le même laps de temps, soit après 6 heures de ressuyage, 272 litres d'eau sont encore retenus sur 210 cm d'épaisseur de sol. Les pertes sont donc moindres, 30 %, en raison surtout d'un drainage vertical et latéral plus lent occasionné par la composition texturale.

Les stocks d'eau retenue à la capacité au champ sont néanmoins assez proches pour les deux sols.

Quant à la réserve utile, sa variation avec la profondeur est pratiquement linéaire dans les deux cas (figure 14). Mais à cause de l'hydromorphie, la réserve utile du sol dunaire s'accroît plus vite que celle de Koel (1,8 - 1,2 mm par cm de profondeur par rapport à 0,6 - 0,7 mm). A deux mètres, on dispose du double de la réserve utile du piémont dans le sol dunaire.

Conclusion

L'évaporation intense en saison sèche n'interdit pas de déterminer la capacité au champ des sols des milieux sableux du bassin de la Mare d'Oursi, par analyse de la cinétique de ressuyage, après irrigation.

La mesure s'effectue sur une assez courte durée, 24 heures en moyenne, 48 heures pour bien formuler la cinétique lente.

La valeur obtenue, réduite à l'horizon pédologique, peut être relativement indépendante des propriétés des matériaux constituant le substrat, si le profil est anisotrope ou discontinu. Dans de tels cas, il y a indétermination sur la valeur du pF correspondant.

Les liaisons ponctuelles avec les propriétés des matériaux sont en effet assujetties à la distribution de celles-ci. Les valeurs limitantes règlent les quantités d'eau suspendue sur l'ensemble du profil.

Cette réserve formulée, on cherchera néanmoins à expliciter les corrélations pouvant lier la capacité de rétention hydrique de ces sols à leur composition granulométrique.

Il est en effet indispensable :

- de savoir dans quelle mesure des données ponctuelles en ce domaine sont susceptibles d'extrapolation dans les limites du bassin,
- de contrôler, pour l'établissement d'un modèle de production végétale en fonction du bilan hydrique, les fluctuations spatiales du stock d'eau utile des sols.

A l'occasion de la détermination de la capacité au champ, des pertes d'eau par évaporation et drainage latérale dépassent les 30 % ont été notées en percolation forcée.

Il est à craindre, même dans ces sols de texture sableuse, que des sorties par drainage oblique, voire par ruissellement, soient à prendre en considération lors de l'établissement des termes du bilan hydrique.

Un contrôle strict de l'infiltration ou du ruissellement après pluie s'avère indispensable à l'interprétation des variations de la réserve hydrique du sol durant le cycle saisonnier. On doit noter pour terminer que les deux sols étudiés ne peuvent être considérés comme typiques des milieux sableux.

Dans le cas du sol dunaire, l'épaisseur de sable de l'erg récent surmontant l'erg ancien n'est pas suffisante pour éliminer l'influence de la discontinuité qui entraîne l'hydromorphie en profondeur.

Dans celui du sol de pléiome, l'enrichissement en éléments fins des horizons inférieurs bloque l'infiltration. Il en résulte un plus grand volume d'eau suspendue en surface.

Cette étude sera complétée par l'analyse du comportement de l'eau dans un sol sableux modal.

Les sols des cordons dunaires occupés par les groupements végétaux à Cenchrus biflorus Roxb. et Aristida Sieberana Trin., en strate herbacée et Combretum glutinosum Perr. ex. D.C. en strate ligneuse (cf. groupement Cdc, Toutain 1976), répondent à ce critère.

Références bibliographiques

- AUBREVILLE A. Climats, forêts et désertification de l'Afrique tropicale.
Soc. Ed. Geogr. Maritimes et Coloniales,
Paris 351 p.
- BALDY C., OUEDRAOGO J.P., 1976. Etude agrométéorologique.
Note préliminaire concernant l'évapotranspiration potentielle en Haute-Volta et son calcul par la méthode du bilan d'énergie de Penman.
Rapport mult. 13 p.
- COMBEAU A., 1960. Observations sur certains facteurs de la rétention d'eau par le sol pour diverses valeurs remarquables du pF. Application à quelques types de sols tropicaux.
ORSTOM, rapport mult. 25 p.
- COMBEAU A., QUANTIN P., 1963. Observations sur la capacité au champ de quelques sols ferralliques. Rapprochement avec les courbes pF - humidité.
Sc. Sol, Mai 1963, n° 1, 1-7.
- CORNET A., 1971. Méthode de détermination de la capacité de rétention en eau du sol.
Rapport DEA 1971, 34 p.
- DANCETTE C., 1973. Principales études de l'IRAT au Sénégal portant sur les caractéristiques hydriques et hydrodynamiques des sols et leurs aptitudes à l'irrigation.
Agron. Trop., sept. 1973, Vol. 28, n° 9, 887-893.
- FEODOROFF A., 1962. Ressuyage du sol et capacité de rétention pour l'eau.
Ann. Agron. 1962, 13 (6), 523-547.
- FEODOROFF A., BETREMIEUX R., 1964. Une méthode de laboratoire pour la détermination de la capacité au champ.
8th. Inp. Cong. Soil Sc. Barcharest Ro, 387-396.
- FEODOROFF A., 1965. Etude expérimentale de l'infiltration de l'eau non saturante.
Thèse Ing. Doct. Univ. Paris 90 p.
- FEODOROFF A., 1968. Expérience de redistribution gravitaire.
Coll. SEPE, Bordeaux 1968.
- ARNOUX J., LECONTE M., 1969. Une définition du "palier de teneur en eau"
Rapport Int. INRA, 16 p. mult.
- HENIN S. et al., 1969. Le profil cultural.
Masson, 2ème éd., 332 p.

- JOLY F., DEWOLF Y., 1976. Rapport préliminaire sur la mission géomorphologique dans la région d'Oursi, mars - avril 1976.
Rapport mult. 11 p.
- LEPRUN J.C., 1977. A.C.C. Lutte contre l'aridité dans l'Oudalan (Haute - Volta).
Rapport de mission pédologique, mars 1977, 19 p.
Carte.
- MARCESSE J., 1967. Détermination in situ de la capacité de rétention d'un sol au moyen de l'humidimètre à neutrons.
Coll. A.I.E.A., radio-isotopes, Istanbul 1967.
- MOUSSIGHITGHY M., 1967. Etude expérimentale de la redistribution et effets des conditions d'arrosage par aspersion.
Thèse. Paris 1967.
- RICHARDS L.A., WADLEIGH C.H., 1952. Soil water and plant growth. In Soil physical conditions and plant growth.
Shaw B.T. éd. New-York Acad. Press. 1952.
Agron. Mono., 2, 86-87, 98-99.
- RODE A.A., 1960. Méthode d'étude du régime hydrique des sols.
Acad. Sc. éd. URSS, Moscou.
- RODE A.A., 1965. Fondement de la connaissance sur l'eau du sol.
Trad. V.V. Yagello. Leningrad, URSS.
- SICOT A.M., 1975. Initiation à la mesure de l'humidité du sol par radiométrie. Application à la détermination de la capacité au champ.
Rapport DEA, 1975, 30 p. annexe.
- SICOT A.M., 1976. A.C.C. Lutte contre l'aridité dans l'Oudalan (Haute - Volta). Evaluation de la production fourragère herbacée.
Rapport 84 p., 36 fig.
- TOUTAIN B., 1976. A.C.C. Lutte contre l'aridité dans l'Oudalan.
Notice de la Carte des ressources fourragères au 1/50 000, 61 p.
- VANHAMME M.D., 1972. Contribution à l'étude des propriétés hydriques des sols du Maroc. II - A propos de la capacité utile.
Al - Awamia 42, janv. 1972, 75-90.

ANNEXE I.

Notes pédologiques de J.C. LEPRUN relatives
aux deux sols étudiés

Profil pédologique des "pénéplaines du nord de l'Oudalan" (1)

Oursi - Ouest AMs (1) - fosse PARA 5 (2)

(d'après J.C. LEPRUN, pédologue O.R.S.T.O.M.).

- 0 - 14 cm - Gris-brun clair légèrement encroûté sur le dessus. Structure sableuse faiblement nuciforme, 2 à 4 cm. Cohésion d'ensemble faible. Cohésion des mottes faible. Porosité texturale très bonne. Porosité tubulaire fine, moyenne. Enracinement fin bien développé sur 5 cm. Activité biotique moyenne.
10Yr 6/5
- 14 - 40 cm - Brun faiblement grisé, sables grossiers arrondis. Structure massive, débit à tendance polyédrique. Cohésion d'ensemble moyenne. Cohésion des mottes faible. Porosité (cf. ci-dessus) meilleure. Activité biotique moyenne concentrée. Enracinement fin bien développé.
8,75Yr 5/6
- 40 - 75 cm - Sable moyen et fin, brun grisé, ancien horizon humifère. Structure massive, débits à tendance verticale. Cohésion d'ensemble moyenne. Cohésion des mottes moyenne. Elles éclatent. Porosité plus faible qu'en haut. Activité biotique plus faible. Grandes fentes partant d'en haut, anciennes racines. Présence de canaris (ancien sol enterré). Enracinement fin diminué, mais continue. Enracinement fort dans fissures. Traces de charbon de bois.
- 75 - 120 cm - Horizon brun-rouge sableux homogène, sable fin et moyen. Structure massive à débit aisé, faiblement mamellonné. Cohésion d'ensemble moyenne. Cohésion des mottes moyenne. Porosité fine, bien développée. Enracinement très fin moyennement développé. Pas de canaris, traces d'anciennes racines.
d
- 120 - 170 cm - Très sableux, sable plus fin jaune clair. Structure massive nette, tendance particulière. Cohésion d'ensemble plus faible. Cohésion des mottes moyenne à faible. Porosité excellente. Enracinement faible. Ancienne biologie.
- 170 - 260 cm - Sable blanc, reticulum jaune, hydromorphe. Sable très fragile. Traces d'anciennes racines et faune. Hydromorphie maximum à la base (brun clair tâché). Pas de racines actuelles.
10Yr 8/6
- 260 - 300 cm - Passage au matériau. Sable rose jaune. Tâches d'hydromorphie. Sable lavé particulière. Peu de tenue. Quelques anciennes racines visibles. Porosité forte due aux racines.
10Yr 8/5
- Conclusion - 2 sols superposés. Haut.Sol peu évolué à facies brun-rouge. Bas.Brun-rouge bien différencié hydromorphe. L'hydromorphie semble prendre vers le sud. Hydromorphie ancienne. L'eau ne doit pas arriver à ce niveau. Les racines pompent l'eau jusqu'à 1,50 - 2 m. Surface 3/4 intérieur pente. Presque interdune. Sable délie, gris brun. Végétation continue. *Aristida mutabilis*, *Schoenfeldia gracilis*, *Acacia raddiana*, *Chloris prieri*, *Balanistes combretum*.

(1) dénomination et nomenclature de végétation de B. TOUTAIN,

(2) nomenclature de J.C. LEPRUN.

Profil pédologique du piémont de Koel

Cdc (1), fosse PARS 2 (2)

(d'après J.C. LEPRUN)

- 0 - 5 cm - Jaune beige, très sableux. Croûte lamellaire dessus, limoneux dessous. Très peu visible. Structure polyédrique 0,5 à 2 cm sub-anguleux, mal développée. Cohésion d'ensemble moyenne à faible. Cohésion des mottes faible. Porosité tubulaire fine à très fine. Porosité assez bonne sauf en surface. Activité biotique mal visible, assez forte localement. Enracinement cultivé : billon et interbillon.
- 7,5Yr 6/5
- 5 - 20 cm - A 11. Gris brun devant rouge vers le bas. Sableux très faiblement argileux (inf. à 5 %). Structure massive à débits polyédriques moyennement sub-anguleux. Débit mamelonné. Cohésion d'ensemble moyenne. Cohésion des mottes moyenne à faible. Porosité, idem qu'en haut, moins développée. Activité biotique bien développée (fourmis, rats). Enracinement un peu moins développé qu'en haut, bien réparti. Traces de vieilles racines. Limite distincte 3 à 4 cm.
- 7,5Yr 5/5
- 20 - 60 cm - Horizon brun rouge, homogène, sableux, faiblement argileux. Sable moyen surtout, apparemment bien arrondi. Structure massive à net débit polyédrique moyen, débit très mamelonné. Porosité tubulaire et intersticielle assez bien développée. Cohésion d'ensemble plus forte qu'en haut. Cohésion des mottes moyenne. Elles éclatent. Activité biotique forte ; grosses termites, coléoptères jaunes à points noirs. Enracinement fin et très fin, assez bien développé, vertical. Quelques grossiers gravillons. Débris de canaris nombreux. Limite graduelle. Horizon de transition avec le dessous.
- 3,75Yr 5/6
- 60 - 87 cm - La couleur s'éclaircit. Le taux d'argile augmente un peu. Cohésion plus forte. Activité biotique même. Nouvelles galeries qui s'installent. Enracinement fin qui diminue. Bestiaux, canaris.
- 87 - 103 cm - Même horizon de transition.
- 103 - 150 cm - Très compact, sableux argileux 10 à 12 % d'argile. Couleur tire vers le jaune beige. Structure massive à débit polyédrique large anguleux. Débit malaisé, faiblement mamelonné. Cohésion d'ensemble et des mottes forte. Vague reticulum jaune ocre. Porosité fine diminue. Concrétions calcaires dans galeries de termites. Activité biotique diminue nettement, galeries de termites neuves. Vers la base du sol, grandes plages décolorées, jaune. Enracinement faible à nulle.
- Conclusion - Sol ferrugineux peu lessivé, peu différencié sur sable éolien de l'erg 1 (le plus ancien). Ce sol est un terme de passage à un sol sub-aride. Drainage interne bloqué à environ 2 m. L'eau stagne car on s'approche de la roche altérée de Koel. Signe d'hydromorphie, sol cultivé. Sol favorable du point de vue physique à la germination des graminées, à la régénération. Eau abondante, mais il faut connaître sa distribution.

(1) Nomenclature de végétation de B. TOUTAIN

(2) Nomenclature de J.C. LEPRUN.

ANNEXE II.

Formulation des cinétiques de ressuyage le long du profil
dans le sol de dune (AMs) et de piémont (Cep)

R = Cinétique rapide L = Cinétique lente Hv = Humidité volumique

† = Temps de ressuyage depuis la fin de l'irrigation

Horizon (cm)	Cinétique	Dune (AMs)	Koel (Cep)
0-15	R	Hv = 4,6e + 0,0117 †	Hv = 18,2e - 0,1850 †
	L	Hv = 10,2e - 0,0097 †	Hv = 9,3e - 0,0045 †
15-30	R	Hv = 4,2e + 0,0298 †	
	L	Hv = 11,7e - 0,0090 †	Hv = 11,1e - 0,0063 †
30-45	R	Hv = 7,4e - 0,1078 †	Hv = 11,0e - 0,1463 †
	L	Hv = 12,0e - 0,0070 †	Hv = 10,2e - 0,0031 †
45-60	R	Hv = 11,8e - 0,2064 †	Hv = 13,8e - 0,1547 †
	L	Hv = 10,2e - 0,0051 †	Hv = 10,7e - 0,0028 †
60-75	R	Hv = 9,6e - 0,3743 †	Hv = 13,4e - 0,1351 †
	L	Hv = 11,1e - 0,0066 †	Hv = 10,7e - 0,0018 †
75-90	R	Hv = 11,2e - 0,2371 †	Hv = 12,2e - 0,1047 †
	L	Hv = 11,0e - 0,0065 †	Hv = 10,8e - 0,0015 †
90-105	R	Hv = 13,3e - 0,3635 †	Hv = 14,8e - 0,1110 †
	L	Hv = 10,5e - 0,0062 †	Hv = 11,9e - 0,0019 †
105-120	R	Hv = 11,3e - 0,4218 †	Hv = 20,2e - 0,1930 †
	L	Hv = 11,8e - 0,0080 †	Hv = 14,1e - 0,0028 †
120-135	R		
	L	Hv = 12,0e - 0,0075 †	Hv = 16,5e - 0,0028 †
135-150	R		Hv = 10,3e - 0,1160 †
	L	Hv = 14,3e - 0,0093 †	Hv = 15,8e - 0,0017 †
150-165	R		Hv = 8,2e - 0,094 †
	L	Hv = 12,5e - 0,0073 †	Hv = 15,8e - 0,0017 †
165-180	R		Hv = 4,8e - 0,1265 †
	L	Hv = 15,4e - 0,0097 †	Hv = 16,3e - 0,0037 †
180-195	R		
	L	Hv = 13,8e - 0,0077 †	Hv = 15,7e - 0,0041 †
195-210	R		
	L	Hv = 12,9e - 0,0071 †	