

Bulletin du
G. F. H. N.
Novembre 1983 - N° 14

VARIABILITÉ DE LA TENEUR EN EAU ET DE
LA RÉSERVE HYDRIQUE DU SOL EN MILIEU SAHÉLIEN
I - DISPERSION SPATIALE ET RATIONALISATION
DU RESEAU DE MESURE

A. M. SICOT

O.R.S.T.O.M. - B.P. 182 - OUAGADOUGOU - Haute-Volta
I.N.R.A. - B.P. 12 - 31320 CASTANET TOLOSAN

Mots clefs : Teneur en eau, réserve hydrique, sol, variabilité spatiale,
Mare d'Oursi, Haute-Volta, Sahel.

E 1 AVRIL 1985
O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire
73 N° 17.228
Cote B

43

La variabilité spatiale de la teneur en eau de sols sahéliens a été analysée en cinq sites différents : une dune sableuse, un piémont sablo-argileux, un glacis limono-argileux, un bas-fond argileux et un pédiment concrétionné à matrice aréno-ferrugineuse et ciment argileux, sur les données de 20 à 40 profils hydriques par site d'étude.

A toutes profondeurs, la gamme et l'amplitude de variation de l'humidité et de la réserve hydrique cumulée depuis la surface du sol sont propres à la texture du profil. Les valeurs mesurées sont normalement distribuées dans les horizons superficiels et dans la zone humectée en milieu argileux. Autrement, la distribution est très hétérogène, incluant plusieurs sous-ensembles disjoints, de faible variance, expressions de l'humidité et de la réserve hydrique en des conditions micro-écologiques particulières.

La précision sur la moyenne des mesures augmente sensiblement lorsque l'on stratifie l'échantillonnage. C'est le fondement méthodologique de la rationalisation et de l'implantation du réseau de mesures..

SUMMARY

SOIL MOISTURE AND WATER STORAGE VARIABILITY
IN SAHELIAN COUNTRIES
I - ANALYSIS OF SPATIAL SCATTERING OF MEASURES AND
RATIONALIZATION OF SOIL WATER CONTENT MEASUREMENT NETWORK

Spatial variation of sahelian soil water content has been analysed in different media : a sandy-hill, a sandy-clayey piémont, a silty-clayey arenaceous area, on data proceeding from 20-40 gravimetric water content profiles per sites of research.

At each depth, the scale and amplitude of variation of moisture and water storage cumulated from the soil surface depend upon to the texture of the profile. The measures are normally distributed in the top soil layers or in the damped ones in clay. Otherwise, the distribution is quite heterogeneous including several subsamples in which variance is very small. These are particular expressions of soil water in spacial micro-ecological conditions.

Precision on the average is much increased when sampling is stratified. This can be the foundation of sampling rationalization and implantation of station networks for soil water measurement.

En zone sahélienne, la végétation est étroitement liée à la pluviosité. La production végétale y est globalement proportionnelle la quantité d'eau infiltrée dans le sol (DIARRA et BREMAN, 1975 ; BIL LE, 1977 ; BOUDET, 1978 ; SICOT, 1980 ; CORNET, 1981 ; SICOT et GROU ZIS, 1981...).

L'hétérogénéité de l'état et du régime hydrique du milieu maintient efficacement la vie en des conditions très marginales de semi-aridité. La concentration de l'eau en des aires limitées permet l'effet l'élaboration d'une biomasse végétale discrète, mais non négligeable et exploitable par le bétail. Elle rend par contre difficile l'approche des travaux axés sur l'étude du bilan hydrique, et posant notamment des problèmes de localisation, de représentativité et d'intégration de mesures ponctuelles dans le continuum espace-temps.

Faisant suite à une publication dans laquelle l'hétérogénéité physique du milieu fut décrite comme étant la source principale de difficultés rencontrées dans la mesure de la teneur en eau et de transferts hydriques en sols sahéliens (SICOT, 1981) notre propos pour but d'analyser l'étendue et l'évolution temporelle de la variabilité de ces deux caractéristiques de l'état hydrique des sols et d'exposer la méthodologie mise en oeuvre pour rationaliser les réseaux de leur mesure.

Dans cette première partie, nous analysons la variabilité spatiale de l'état hydrique du sol (teneur en eau et réserve hydrique) Ce sujet très complexe se greffe sur le thème général de la variabilité des propriétés hydro-pédologiques du sol. Sa maîtrise constitue un préalable à la connaissance et à la mesure de phénomènes tels que le ruissellement, l'infiltration et le drainage ou au contrôle d'opérations tel que l'irrigation... Les études suscitées sont nombreuses et donnent lieu à une abondante littérature : CLAPP et al, 1983 ; GARDNER 1982 ; MILLER et MILLER, 1956 ; NIELSEN et al, 1972 ; ROGOWSKI, 1979 VAUCLIN, 1983... Elles se déroulent pour la plupart hors du Sahel et visent, avec comme support l'hypothèse de la similitude des milieux poreux, à formuler l'incidence de l'hétérogénéité des propriétés du sol à l'aide d'un facteur d'échelle.

Notre objectif dans cet article n'est pas d'exposer les résultats d'une étude fine et exhaustive de la distribution de l'eau dans le sol, mais plutôt d'en cerner l'amplitude et le déterminisme afin de caractériser par un petit nombre de mesures bien positionnées dans l'espace, l'état hydrique d'une parcelle d'un hectare.

I - MATERIEL ET METHODES

1.1. Cadre expérimental

Cette étude s'est déroulée dans le centre-nord de la Haute-Volta, dans le bassin versant de la mare d'Oursi, en zone sahélienne. Nous rappelons que le climat hyperthermique est caractérisé par 8 à 9 mois de sécheresse rigoureuse et 350 à 450 mm de pluies orageuses centrées sur le mois d'août, mais inégalement réparties.

Les sols sont très diversifiés en : lithosols sur substrats divers, sols ferrugineux tropicaux, sols bruns-rouges, sols bruns subarides modaux et vertiques et vertisols. Organisés en toposéquences, ils reflètent l'empreinte de la roche-mère, s'agissant notamment de leur texture.

La végétation est une steppe arbustive assez dégradée où dominent des graminées annuelles en strate herbacée et des épineux du genre *Accacia*, en strate ligneuse.

Nous attirons l'attention du lecteur sur certains faits de nature à influencer la circulation de l'eau dans le sol :

- la superposition à profondeur variable des deux ergs qui composent l'ensablement dunaire,
- l'hétérogénéité pédologique des milieux concrétionnés à écoulement hypodermique,
- le microrelief et l'encroûtement plus ou moins durable de la surface du sol,
- la fissuration fine, mais visible à l'oeil nu, du profil en milieu sableux, ou grossière en milieux argileux.

1.2. Méthodes

La variabilité spatiale de l'humidité et de la réserve hydrique cumulée depuis la surface du sol a été étudiée en des sites différant principalement par la texture du sol : milieux sableux (Oursidune), sablo-argileux (Kolel-piémont), argilo-limoneux de glacis (Kolel-glacis), argileux de bas-fond (Winde-Tiuluki) et concrétionnés (Gountouré).

L'analyse porte sur les différents niveaux des 20 à 40 profils hydriques relevés le même jour, de 0 à 60-120 cm de profondeur pour un même site. Ces profils sont issus de carottages à la tarière exécutés linéairement à 10 m les uns des autres, sur le pourtour de parcelles de 100 m x 100 m. Les carottes de terre ont été recueillies de 15 en 15 cm et traitées par gravimétrie pour en déterminer la teneur en eau.

Au-delà de leur ordre de prélèvement circonstanciel, les profils hydriques se regroupent naturellement suivant les formes du microrelief de la surface du sol : microbuttes, micro-dépressions, micro-replats... et constituent à chaque niveau d'analyse les divers sous-ensembles d'échantillonnage dont il sera question ci-après.

II - RESULTATS

Au niveau des illustrations et commentaires, nous n'avons retenu qu'un petit nombre de cas sélectionnés. L'interprétation et la discussion traitent de l'ensemble des observations et mesures. Les tableaux 1 à 3 montrent une certaine spécificité de la gamme et de l'amplitude de variation des mesures d'humidité et de réserve hydrique liée à la texture du sol, les valeurs minimales, maximales et moyenne observées étant généralement plus élevées en milieux argileux (tableau 2) qu'en milieux sableux (tableau 1). Mais en valeur relative, la variabilité est aussi importante dans les différents milieux et dépend plus de l'intensité, de l'uniformité de l'humectation et de la rétention de l'eau dans le profil que de la texture du substrat.

Dans le bas-fond Winde-Tuluki (tableau 2), temporairement inondé, le coefficient de variation est environ 0,09 alors qu'il dé

passé 0,40 dans les sables dunaires (tableau 1), où l'eau infiltrée a été facilement cédée à la végétation. En milieu concrétionné, l'hétérogénéité texturale est un facteur de majoration de la variabilité hydrique (tableau 3).

Les figures 1 et 2 illustrent la distribution fréquentielle de l'humidité du sol dans les différents milieux. Les observations qui suivent sont aussi valables pour la réserve hydrique. On note que :

- les valeurs d'humidité sont normalement distribuées dans la couche pédologique superficielle (0 - 15 cm) quelle que soit la texture du sol et dans l'ensemble du profil prospecté (0 - 60 cm), en milieux argileux, particulièrement sous immersion prolongée.

Dans les autres cas, la distribution plus complexe est composée de sous-ensembles au sein desquels la dispersion peut être considérée comme normale (figure 3).

En résumé, l'humidité ou la réserve hydrique du sol en milieu sahélien est très dispersée. La variabilité relative est d'autant plus importante que le sol est plus sec. Il s'ensuit une assez grande imprécision dans la détermination d'un état hydrique global du sol (tableaux 1 à 3). Cette imprécision est augmentée lorsque la distribution de la variable n'est pas normale, notamment dans les cas de sous-ensembles de valeurs disjointes. En considérant l'échantillon comme composite et en calculant les paramètres moyens (moyenne, variance) pondérés par les proportions relatives des différents sous-échantillons, on diminue sensiblement l'incertitude sur la moyenne des résultats (tableau 4). Cette stratification de l'échantillonnage n'est pas artificielle car elle fait suite au regroupement des échantillons suivant les classes du microrelief de la surface du sol.

III - DISCUSSION

Dans une étude exhaustive de la variabilité d'un facteur écologique, on recherche ordinairement des zones d'iso-valeurs pour l'échantillonnage et on détermine les dimensions d'une maille où positionner les mesures.

Mais une telle démarche postule implicitement de l'homogénéité ou de l'uniformité de la distribution de la variable à échantillonner et sa réussite suppose la réalisation de cette hypothèse ou de conditions qui s'en rapprochent. Tel ne semble pas être le cas du milieu naturel du bassin de la Mare d'Oursi, au vu de ses multiples disparités biophysiques.

Nous avons représenté à la figure 4 la distribution séquentielle du taux d'humidité et de la réserve hydrique du sol en milieu concrétionné suivant des transects ouest-est, sud-nord et vice-versa. Pour les deux paramètres, on constate bien une certaine alternance entre sites humides et sites relativement plus secs. Mais cette alternance n'est pas régulière et ne permet pas de définir un motif (une représentation élémentaire de l'évolution spatiale de l'humidité du sol) qui se répète d'une manière à peu près invariante dans les différentes chroniques observées (figure 4). Autrement dit, nous ne constatons en évidence aucune séquence spatiale ou maillage bien défini d'ordre supérieure ou égale à 10 m dans la distribution de l'eau du sol en milieu concrétionné. Il en est de même pour les différents milieux. Compte tenu des objectifs axés sur la caractérisation hydrique des parcelles avec un petit nombre de mesures, nous n'avons pas cherché à descendre sous 10 m et sommes passés directement à la comparaison de l'état hydrique de sites repérables par leur situation micro-topographiques et végétales : micro-buttes, micro-dépressions, sol nu...

La comparaison des humidités de micro-buttes et micro-dépressions reportées au tableau 5 indique une influence significative ($F_{obs} = 6,69 > F_t = 4,09$) du site de mesures sur la valeur de l'humidité mesurée.

En outre, les notations relevées lors des carottages attestent que chacun des sous-ensembles composant les échantillons complexes observés est en grande partie constitué autour de valeurs dérivant de micro-formes types de la surface du sol : micro-buttes, micro-dépressions et micro-replats, sols nus... Cette remarque s'affine à la figure 5. Certains sites en micro-dépression ou replat (figure 5, sites 2 et 3) se comportent en impluvium par rapport aux

autres formes de la micro-topographie superficielle du sol : micro-buttes (figure 5, sites 0 et 1). Les excédents hydriques perçus permettent à ces sites d'alimenter une biomasse végétale plus élevée tout en restant aussi humides sinon plus que d'autres, sur ce plan plus défavorisés.

Il s'ensuit que la distribution de l'eau, en grande partie conditionnée par le micro-relief de la surface du sol, peut être valablement représentée par celui-ci. Cette assimilation nous met alors en mesure de statuer sur le problème de l'adéquation du modèle à maille à la distribution de l'eau du sol à l'échelle de la parcelle. Dans la figure 6 où est représentée la micro-topographie de la surface du sol, on ne peut définir une maille de dimension constante se répétant d'une manière uniforme le long du profil. Le modèle n'est pas adapté aux conditions spécifiques du milieu.

En revanche, même si les conclusions doivent être nuancées en raison de la dilatation des ordonnées, il est possible que déjà, sur 60 m de distance, des gradients de distribution induits par la pente soient déjà perceptibles. L'existence de gradients biophysiques des collines et piémonts aux bas-fonds est manifeste dans le bassin. On doit absolument en tenir compte à plus petite échelle.

Le rapprochement de la dispersion de l'eau du sol de la micro-topographie superficielle donne une base physique à l'échantillonnage de l'eau du sol et justifie la stratification des mesures et l'amélioration de la précision des résultats. Il est particulièrement utile pour la mise en place d'un réseau pérenne de mesures de l'eau du sol permettant notamment le choix des sites de mesures sur la base de l'identification et de la localisation de conditions hydriques spécifiques, mais pouvant être agrégées pour former des classes d'états et de régimes hydriques bien définies.

Pour maîtriser complètement la variabilité hydrique du sol, il faut alors déterminer les fréquences de diverses classes d'hétérogénéité. La méthode des prélèvements au hasard est la plus immédiate pour atteindre cet objectif mais doit être basée sur un grand nombre de prélèvements pour que les résultats ne soient pas biaisés.

Des prélèvements équidistants sur un minimum de deux transects concourants (pour annuler l'incidence des gradients éventuels) permettent de s'en rapprocher à l'aide d'un nombre nettement plus petit de mesures.

CONCLUSION.

Le taux d'humidité et la réserve hydrique sont éminemment fluctuants en sols sahéliens. A toutes profondeurs, la gamme et l'amplitude de variation de ces deux paramètres dépendent de la texture comme des conditions d'humectation et de dessèchement du profil et ne paraissent pas évoluer suivant un maillage répétitif impliquant une certaine uniformité, sinon l'homogénéité, de leur distribution.

Les valeurs mesurées au cours de cette étude sont généralement distribuées normalement dans les couches superficielles du sol et dans l'ensemble de la zone humectée en milieu argileux. Autrement, la distribution est très hétérogène et discontinue se décomposant en plusieurs sous-ensembles de faible variance, liés aux bilans hydriques particuliers de micro-sites distincts.

S'agissant de l'eau du sol, on ne s'attarde généralement pas sur le microrelief superficiel, mais de notre point de vue, ces faits sont mieux cernés par le traitement de l'échantillon stratifié sur cette base que par un traitement global, même affiné par un ajustement à une loi de type bêta tronquée (RAMBAL, 1982) (cf. figure 7).

Entre autres avantages, on relève une meilleure précision sur la moyenne des mesures et la possibilité d'implanter rationnellement des réseaux pérennes de mesures de l'état hydrique du sol.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BILLE J.C. (1977) - Etude de la production primaire nette d'un écosystème sahélien. Trav. Doc. ORSTOM, Paris 65 : 82 p.
- BOUDET G. (1979) - ACC Lutte contre l'aridité en milieu tropical DGRST-IEMVT au Mali (Communication personnelle avant publication).
- CORNET A. (1981) - Le bilan hydrique et son rôle dans la production de la strate herbacée de quelques phytocénoses sahéliennes au Sénégal. Thèse Ing. Doc. Univ. Montpellier, 353 p.
- CLAPP R.B., HORNBERGER G.M., COSBY B.J. (1983) - Estimating spatial variability in soil moisture with a simplified dynamic model. Water resource Research, 19, 3, 739-745
- DIARRA L., BREMAN H (1975) - Influence de la pluviométrie sur la production des pâturages. Actes du colloque : Inventaire et cartographie des pâturages tropicaux africains, Bamako (Mali), 3-8 mars 1975, 171-174
- GARDNER W.R., WARRICK A.W., HALDERMAN A.D. (1982) - Soil variability and measures of irrigation efficiency. Amer. Soc. Agricul. Eng., 82-2106, 20 p.
- MILLER E.E., MILLER R.D. (1956) - Physical theory for capillary flow phenomena. J. Appl. Phys., 27, 324-332
- NIELSEN D.R., BIGGAR J.W., EARTH K.T. (1973) - Spatial variability of field measured soil-water properties. Hilgardia, 42, 215-259
- RAMBALS (1982) - Variabilité des propriétés hydrodynamiques du sol à l'échelle d'un versant karstique. Colloque INRA Avignon, 24-25 juin 1982, 11 p. multigr.
- ROGOWSKI, 1979, A.S. 1972 - Watershed physics : soil variability criteria. Water Resour. Res., 8, 1015-1023
- SICOT M. (1980) - Déterminisme de la biomasse et des immobilisations minérales de la strate herbacée des parcours naturels sahéliens. Cah. ORSTOM, sér. biol., 42, 9-24
- SICOT M (1981) - Mesure de la teneur et des transferts hydriques en milieu sahélien (Mare d'Oursi - Haute Volta). Bull. GFHN, 10, 63-86
- SICOT M., GROUZIS M. (1981) - Pluviométrie et production des pâturages naturels sahéliens. Estimation de la production fréquentielle et des potentialités pastorales du bassin versant de la Mare d'Oursi (Haute Volta). (A paraître in Revue de l'IEMVT)
- VAUCLIN M., IMBERNON J., VACHAUD, DANCETTE C., (1983) - Description expérimentale et modélisation stochastique des transferts par la mise en échelle des propriétés hydrodynamiques des sols. Colloque AIEA-FAO Aix-en-Provence, 18-22 avril 1983

TABEAU 1 - ANALYSE DE LA VARIANCE DE L'EAU DU SOL DE LA STATION KOLEL-PIEMONT (sablo-argileux)

| Horizon (cm) | Teneur en eau (%) | | | | | Réserve (mm) | | | | |
|--------------------------|-------------------|---------|---------|---------|---------|--------------|---------|---------|---------|---------|
| | 0 - 15 | 15 - 30 | 30 - 45 | 45 - 60 | 60 - 75 | 0 - 15 | 15 - 30 | 30 - 45 | 45 - 60 | 60 - 75 |
| Minimum observé | 7,0 | 4,8 | 2,5 | 2,8 | 21,5 | 29,1 | 35,3 | | | |
| Maximum observé | 13,3 | 14,2 | 12,8 | 13,4 | 40,6 | 60,0 | 74,1 | | | |
| Moyenne observée | 10,0 | 10,2 | 7,4 | 5,9 | 30,0 | 43,2 | 53,0 | | | |
| Médiane observée | 9,8 | 10,6 | 6,8 | 4,8 | 29,3 | 41,8 | 49,0 | | | |
| Mode probable | 9,7 | 10,7 | 7,0 | 4,7 | 29,6 | 42,6 | 51,2 | | | |
| Coef. asymétrie | 0,44 | - 0,75 | 0,26 | 1,31 | 0,14 | 0,14 | 0,36 | | | |
| Coef. aplatissement | - 0,21 | 0,46 | - 1,63 | 0,32 | 0,21 | - 0,44 | - 1,00 | | | |
| Variance | 1,93 | 4,0 | 10,5 | 10,5 | 18,0 | 56,1 | 132,7 | | | |
| Coef. variation | 0,14 | 0,20 | 0,44 | 0,55 | 0,14 | 0,17 | 0,22 | | | |
| Précision moyenne | 0,05 | 0,06 | 0,14 | 0,18 | 0,05 | 0,06 | 0,07 | | | |
| Précision pour 5 mesures | 0,17 | 0,24 | 0,55 | 0,68 | 0,18 | 0,22 | 0,27 | | | |

TABLEAU 2 - ANALYSE DE LA VARIANCE DE L'EAU DU SOL DE LA STATION WINDE-TIULUKI (bas-fond argileux)

| Horizon (cm) | Teneur en eau (%) | | | | Réserve (mm) | | |
|--------------------------|-------------------|---------|---------|---------|--------------|--------|--------|
| | 0 - 15 | 15 - 30 | 30 - 45 | 45 - 60 | 0 - 30 | 0 - 45 | 0 - 60 |
| Minimum observé | 20,0 | 22,8 | 14,7 | 15,5 | 64,5 | 92,2 | 116,5 |
| Maximum observé | 27,9 | 31,0 | 36,7 | 21,2 | 83,2 | 129,0 | 167,5 |
| Moyenne observée | 23,4 | 26,2 | 23,8 | 18,8 | 72,6 | 110,0 | 142,0 |
| Médiane observée | 23,5 | 26,1 | 25,3 | 19,3 | 72,6 | 110,4 | 142,2 |
| Mode probable | 23,1 | 25,8 | 22,5 | 19,2 | 71,7 | 109,9 | 141,5 |
| Coef. asymétrie | 0,31 | 0,36 | 0,55 | - 0,43 | 0,30 | 0,01 | 0,07 |
| Coef. aplatissement | - 0,83 | - 0,86 | 0,08 | - 1,47 | - 1,14 | - 0,81 | - 0,75 |
| Variance | 4,49 | 5,13 | 27,6 | 2,86 | 34,1 | 90,3 | 179,8 |
| Coef. variation | 0,09 | 0,09 | 0,22 | 0,09 | 0,08 | 0,09 | 0,09 |
| Précision moyenne | 0,04 | 0,04 | 0,11 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,05 |
| Précision pour 5 mesures | 0,11 | 0,11 | 0,27 | 0,11 | 0,10 | 0,11 | 0,12 |

TABLEAU 3 - ANALYSE DE LA VARIANCE DE L'EAU DU SOL DE LA STATION COUNTOURE (concrétionné)

| Horizon (cm) | Teneur en eau (%) | | | | Réserve (mm) | | |
|--------------------------|-------------------|---------|---------|---------|--------------|--------|--------|
| | 0 - 15 | 15 - 30 | 30 - 45 | 45 - 60 | 0 - 30 | 0 - 45 | 0 - 60 |
| Minimum observé | 1,0 | 1,9 | 1,6 | 2,1 | 3,8 | 7,6 | 10,7 |
| Maximum observé | 9,1 | 9,4 | 11,2 | 10,0 | 27,2 | 40,8 | 54,4 |
| Moyenne observée | 3,6 | 4,3 | 5,1 | 5,1 | 11,2 | 18,2 | 25,5 |
| Médiane observée | 2,9 | 3,6 | 4,3 | 4,3 | 9,4 | 15,1 | 20,8 |
| Mode probable | 3,0 | 3,6 | 4,3 | 4,3 | 9,3 | 15,3 | 21,4 |
| Coef. asymétrie | 0,75 | 1,09 | 1,18 | 0,99 | 0,90 | 0,98 | 1,16 |
| Coef. aplatissement | - 0,08 | 0,13 | 0,37 | - 0,27 | - 0,02 | - 0,07 | 0,38 |
| Variance | 3,58 | 4,51 | 6,03 | 4,75 | 32,5 | 79,0 | 140,3 |
| Coef. variation | 0,53 | 0,49 | 0,48 | 0,43 | 0,51 | 0,49 | 0,47 |
| Précision moyenne | 0,17 | 0,16 | 0,16 | 0,14 | 0,17 | 0,16 | 0,17 |
| Précision pour 5 mesures | 0,65 | 0,61 | 0,60 | 0,54 | 0,63 | 0,61 | 0,58 |

TABLEAU 4 - PRECISION DE LA MESURE DE L'EAU EN MILIEU HETEROGENE SUIVANT L'ECHANTILLONNAGE

| Variable | MILIEU | SABLEUX | | SABLO-ARGILEUX | | CONCRETIONNE | |
|---|-----------------------|---------|-------|----------------|-------|--------------|-------|
| | | Hum. | Res. | Hum. | Res. | Hum. | Res. |
| Horizon (cm) | | 105-120 | 0-120 | 45-60 | 0-60 | 45-60 | 0-60 |
| Calcul sur échantillon global | Moyenne | 4,4 | 44,3 | 5,9 | 53,2 | 5,1 | 2,55 |
| | Variance | 3,14 | 306,2 | 10,5 | 132,7 | 4,75 | 140,3 |
| | Précision échantillon | 0,13 | 0,13 | 0,18 | 0,07 | 0,14 | 0,1 |
| | Précision 5 mesures | 0,51 | 0,49 | 0,68 | 0,27 | 0,54 | 0,58 |
| Calcul après stratification échantillon | Moyenne | 4,4 | 44,3 | 5,8 | 52,6 | 5,1 | 25,4 |
| | Variance | 0,36 | 23,0 | 1,30 | 0,12 | 0,02 | 1,23 |
| | Précision échantillon | 0,04 | 0,03 | 0,06 | 0,01 | 0,06 | 0,09 |
| | Précision 5 mesures | 0,06 | 0,04 | 0,09 | 0,02 | 0,08 | 0,1 |

TABLEAU 5 - COMPARAISON DE L'HUMIDITE DU SOL SOUS MICRO-BUTTES ET MICRO-DEPRESSIONS EN DIVERS SITES DE MESURES.

| Sites | Micro-buttés | | | | Micro-dépressions | | | |
|---------------|--------------|-------|-------|------|-------------------|-------|-------|-------|
| | | | | | | | | |
| Oursi-dune | 3,02 | 4,00 | 3,40 | 3,75 | 3,80 | 15,08 | 9,75 | 4,27 |
| Kolel-glacis | 2,27 | 4,17 | 12,54 | 7,75 | 6,19 | 6,89 | 7,47 | 7,54 |
| Station météo | 6,76 | 22,12 | 4,69 | 8,88 | 11,28 | 29,22 | 11,53 | 11,97 |
| Koumi-koumi | 10,13 | 11,33 | 9,42 | 7,15 | 10,49 | 10,81 | 20,19 | 19,00 |
| Gountouré | 6,33 | 4,01 | 5,70 | 6,1 | 8,21 | 11,00 | 9,73 | 6,40 |

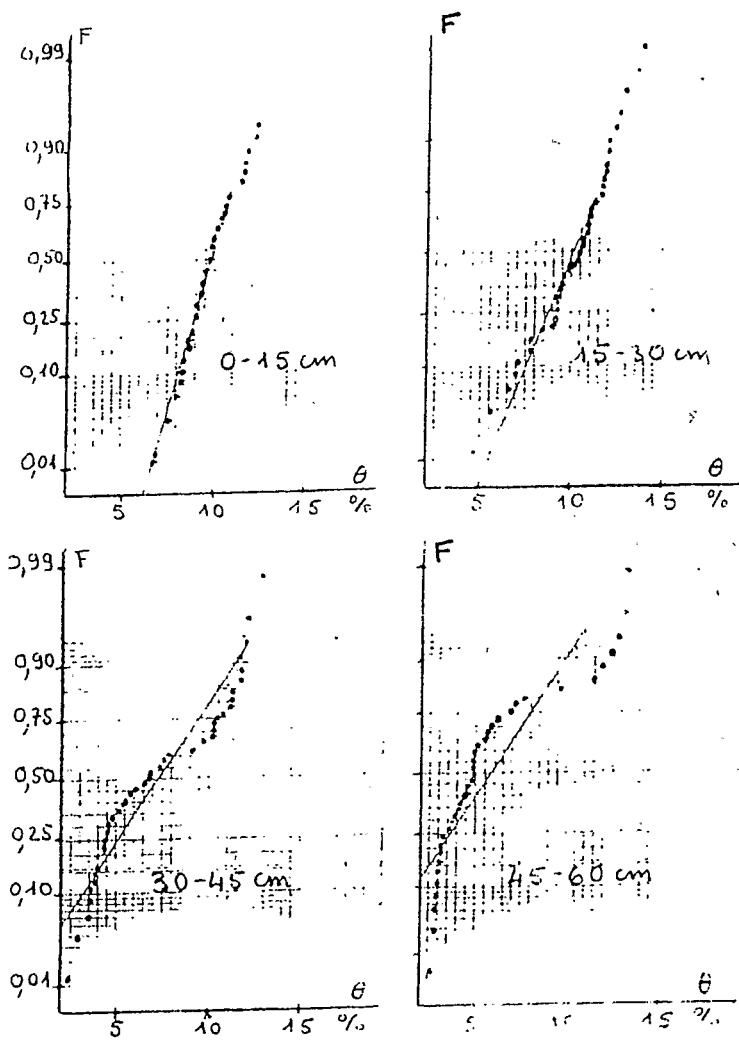


Figure 1 - Distribution fréquentielle de la teneur en eau du sol en milieu sablo-argileux.

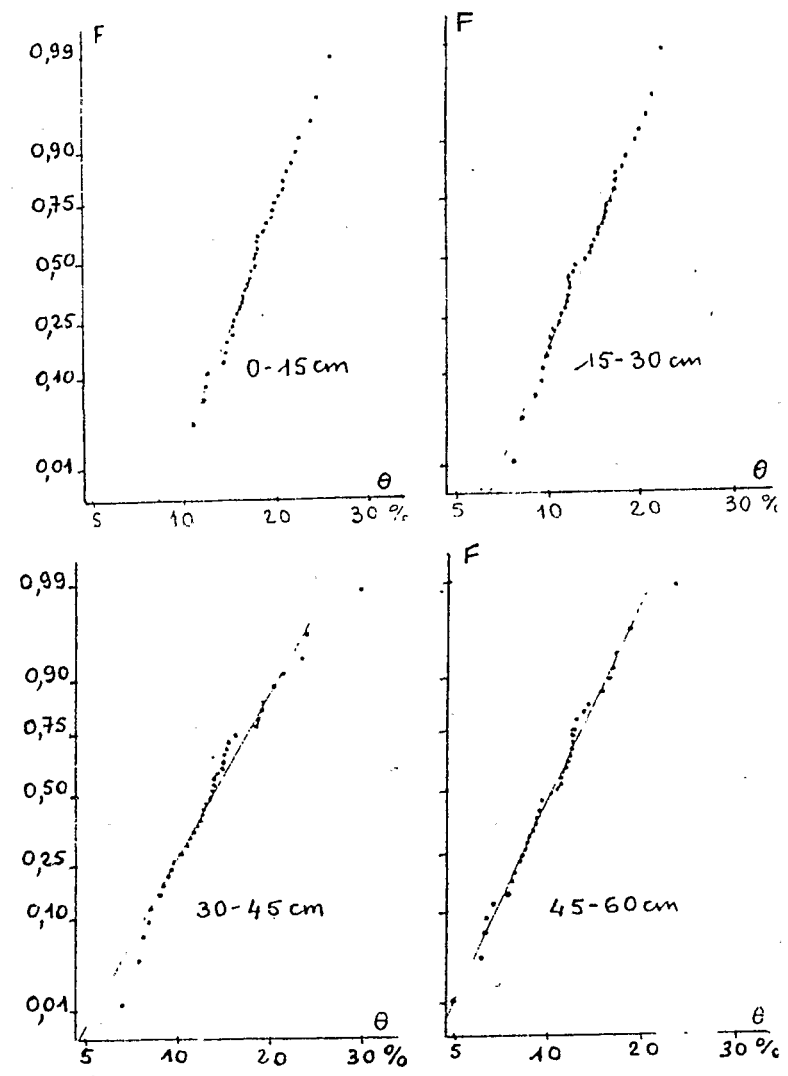


Figure 2 : Distribution de la teneur en eau du sol en en glaciais argilo-limoneux.

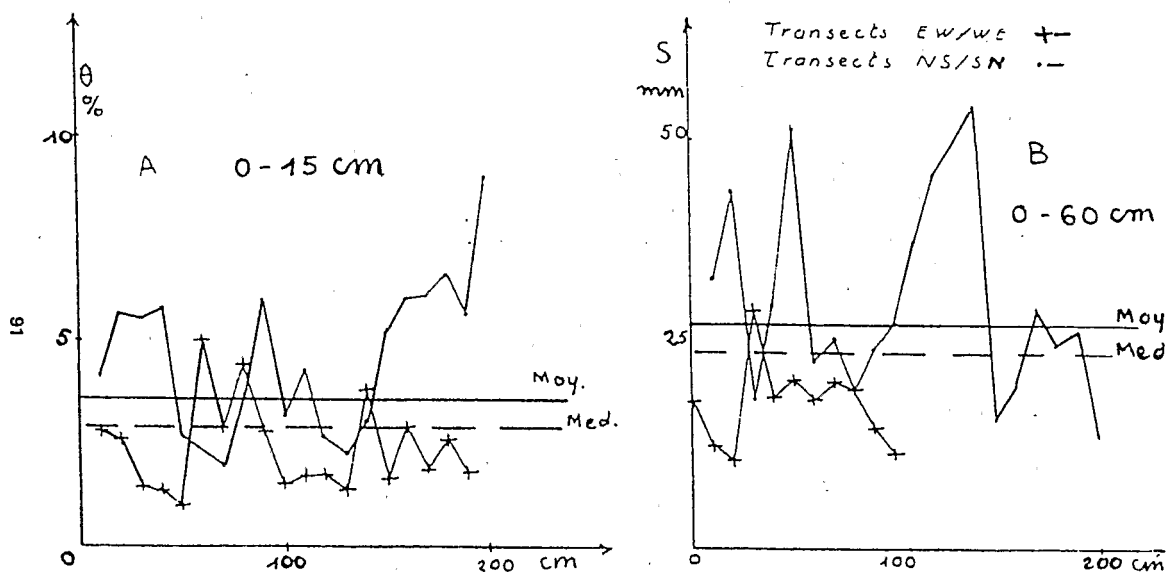
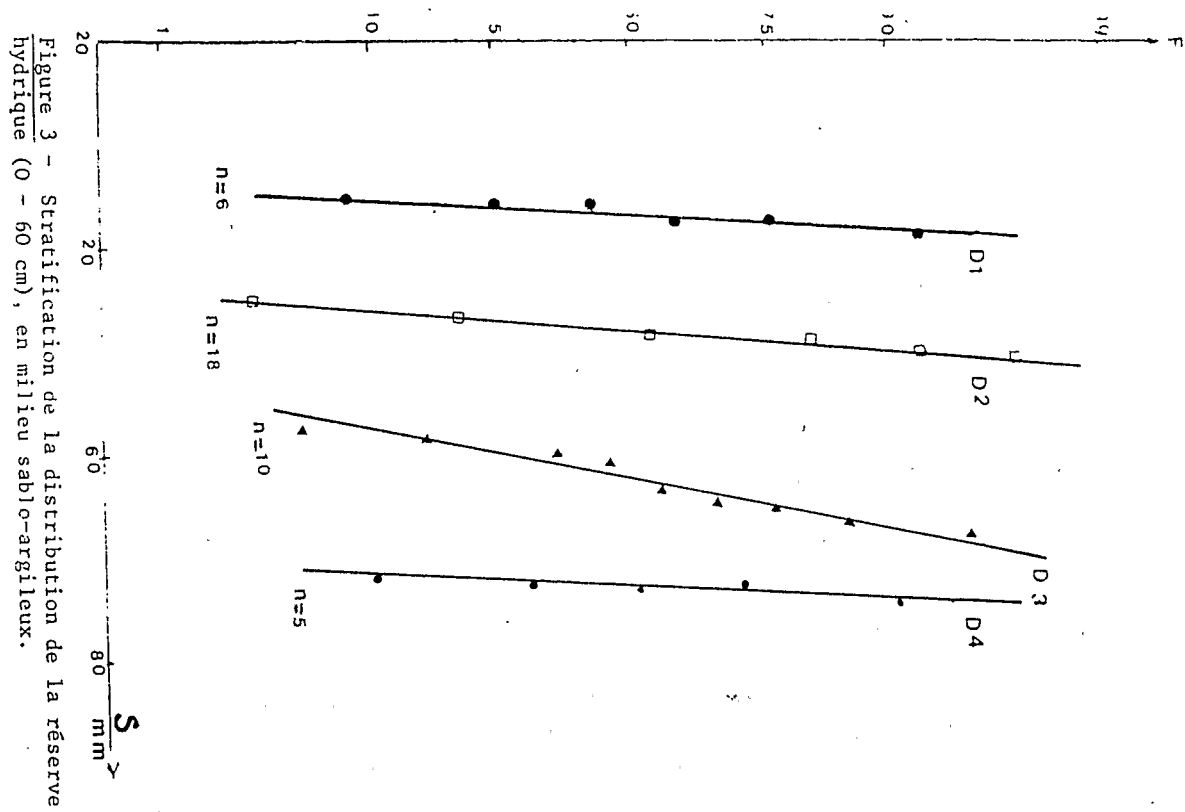


Figure 4 : Distribution de l'humidité (A) et de la réserve hydrique (B) du sol en milieu concrétionné sur le pourtour d'une parcelle de 100 m x 100 m.

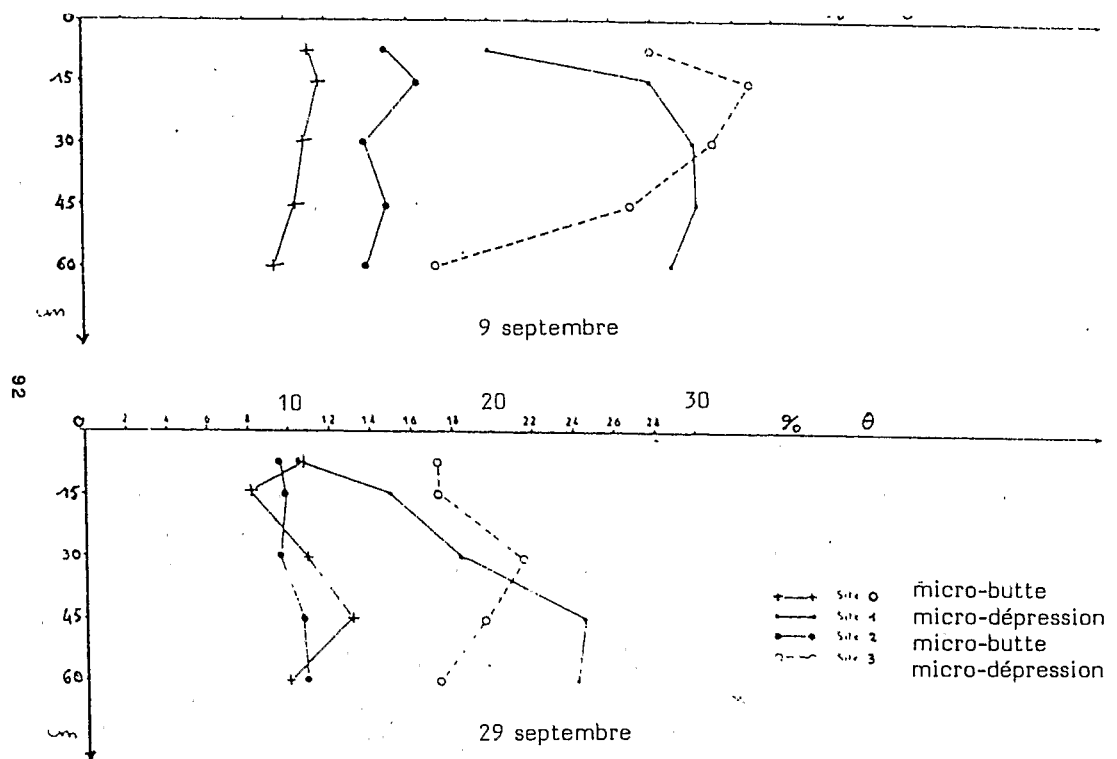


Figure 5 - Etats hydriques d'un sol limono-argileux en fonction du site de mesures.

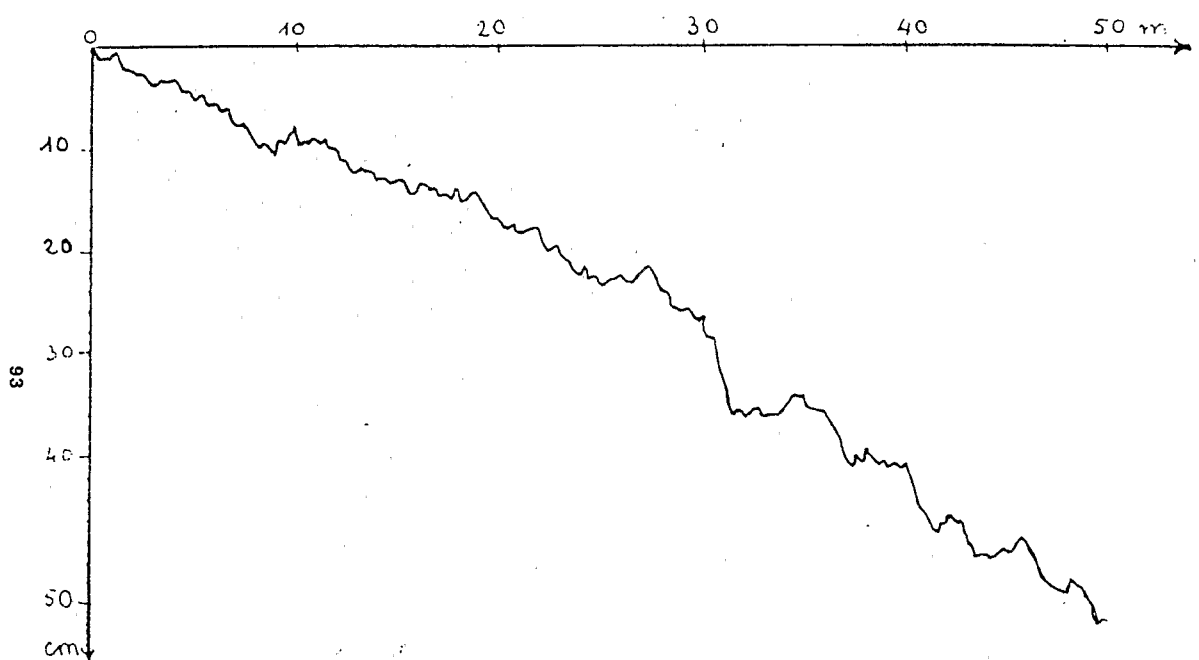
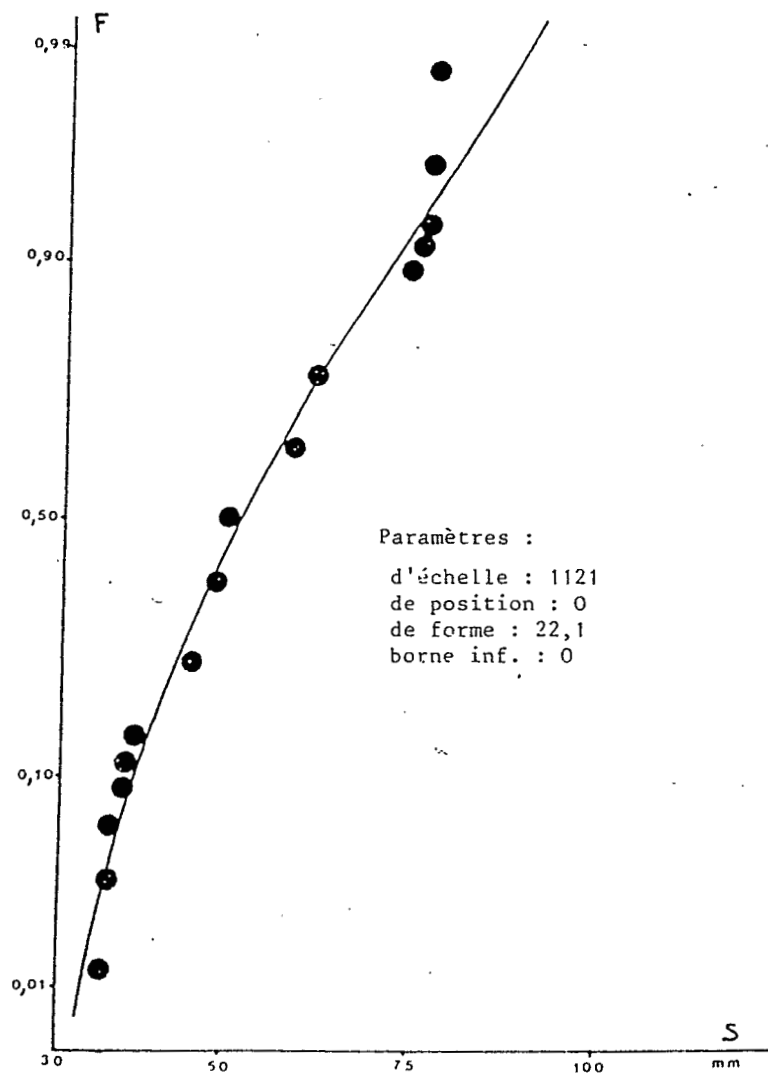


Figure 6 - Micro-relief de la surface du sol en piémont sablo-argileux.



Bulletin du
G. F. H. N.
Novembre 1983 - N° 14

ÉCONOMIE DE L'EAU D'UNE CULTURE DE SOJA
(GLYCINE MAX. MERRYL) EN IRRIGATION LOCALISÉE

J. MERY*, P. MOUTONNET**, F. VERRET*

* École Nationale Supérieure Agronomique - Chaire de Phytotechnie, Place Viala
34060 MONTPELLIER Cedex

** Commissariat à l'Énergie Atomique - DB/SRA - B.P. 1 - 13115 St-PAUL-
lez-DURANCE

Mots clefs : Soja, besoins en eau, irrigation localisée, tensiomètres, sonde à neutrons

Figure 7 . Ajustement de la réserve hydrique en sol sablo-argileux (0-60 cm)
à une loi bêta tronquée.